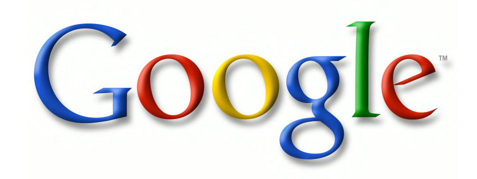






TES,

QUE

L'HOMME

S.



ESSAI

SUR LE VOL DES INSECTES,

ET

OBSERVATIONS

SUR QUELQUES PARTIES DE LA MÉCANIQUE

DES MOUVEMENS PROGRESSIFS DE L'HOMME

ET DES ANIMAUX VERTÉBRÉS.

IMPRIMERIE DE A. BELIN.

ESSAI
SUR LE VOL DES INSECTES,

ET

OBSERVATIONS

SUR QUELQUES PARTIES DE LA MÉCANIQUE

DES MOUVEMENS PROGRESSIFS DE L'HOMME ET DES ANIMAUX VERTÉBRÉS;

Accompagnés de 13 Planches relatives aux organes du vol des Insectes;

SUIVIS D'UN

MÉMOIRE CONTENANT DES IDÉES NOUVELLES SUR LE SYSTÈME SOLAIRE.

PAR M. LE CHEVALIER J. CHABRIER,

Ancien Officier supérieur, Correspondant de la Société d'Histoire naturelle, etc.

PARIS,

CHEZ A. BELIN, IMPRIMEUR-LIBRAIRE,

RUE DES MATHURINS SAINT-JACQUES, HOTEL CLUNY.

1822.

AVANT-PROPOS.

Tous les mémoires contenus dans ce volume, soit sur le mécanisme du vol des insectes, soit sur quelques parties des mouvemens locomoteurs de l'homme et des animaux vertébrés, ont été présentés à l'Académie royale des Sciences le 28 février 1820; et tous, à l'exception d'uu seul, ont été publiés dans les Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle, avec l'approbation de MM. les professeurs du Jardin du Roi.

Peu satisfait des explications que divers auteurs ont données d'un mouvement aussi compliqué et aussi étonnant que celui du vol des oiseaux, j'ai étudié ce mouvement pendant long-temps, et j'ai non-seulement consulté et médité les ouvrages d'Anatomie comparée de M. le baron Cuvier, ceux de M. le chevalier Geoffroy-Saint-Hilaire et de quelques autres savans français et étrangers, mais j'ai disséqué moi-même plusieurs espèces d'oiseaux et des chauve-souris.

Cependant j'aurois probablement échoué dans mon entreprise, s'il ne m'étoit pas venu en idée d'étudier le vol dans les insectes. A cet effet j'ai disséqué pendant plusieurs années un grand nombre de ces animaux dans tous les ordres; j'ai examiné avec soin le jeu que certains muscles du tronc (muscles peu connus quoique très-considérables) impriment à l'air intérieur et aux ailes par l'intermédiaire des diverses pièces solides et élastiques composant l'enveloppe extérieure du thorax; et j'ai lieu de me croire assez heureux pour avoir deviné la mécanique de ce mouvement singulier, non-seulement dans les insectes, mais encore dans les oiseaux; tant il y a d'analogie dans ce mouvement progressif, même entre des animaux aussi différens par l'organisation.

Parcourant une route nouvelle dans mes recherches sur les insectes, j'ai été privé du précieux avantage de consulter les auteurs; car lorsque, au commencement de 1820, mon ouvrage a été présenté à l'Académie, le mémoire de feu M. de Jurine sur le vol des hyménoptères n'étoit point encore publié (1). J'ai vu depuis cet important

---

(1) « M. Chabrier s'étoit occupé il y a douze ans d'une question de physique animale; il avoit des idées particulières sur le mode du mouvement musculaire, et dès cette époque il avoit présenté à l'Académie ses nouvelles vues sur le mécanisme du vol des oiseaux, etc.

Il passa quatre années à disséquer les muscles du vol des insectes; il les examina au microscope; il les dessina avec le plus grand soin; et revenant sans cesse sur les mêmes traces, il modifia ses idées comme ses dessins, tout autant que de nouvelles observations lui procurèrent des résultats plus certains.

Il lui fallut des noms pour tant de choses qu'il voyoit pour la première fois; et croyant la science plus avancée qu'elle ne l'étoit, il supposa qu'en recourant aux lumières de notre célèbre entomologiste M. Latreille, il recevroit les noms qui lui manquoient, et qu'ainsi il n'auroit bientôt plus, après l'exposition de ces faits observés, qu'à rentrer dans l'objet de ses considérations chéries, c'est-à-dire, qu'à se livrer à ses idées sur le mécanisme du vol chez les animaux.

Il eut à se louer de la complaisance et des conseils de M. Latreille; mais qu'apprit-il sur ces entrefaites? qu'il étoit lui-même sûr des faits qui n'avoient point ou presque point occupé les naturalistes; il eut le bonheur d'être informé que, n'auroit-il entrepris ses dissections que pour ce qu'elles lui avoient fourni de faits spéciaux, il étoit sûr des considérations neuves et, par conséquent, d'un grand intérêt pour la science, etc.

Pendant que M. Chabrier étoit occupé de ces recherches, M. de Jurine père, médecin de Genève, étoit livré à de toutes semblables au sujet du vol des hyménoptères; mais M. Chabrier n'en eut aucune connoissance; c'est précédemment à la publication des derniers Mémoires de Turin (dans lesquels le mémoire de M. de Jurine est imprimé) qu'a eu lieu, au secrétariat de l'Académie des Sciences de Paris, le dépôt de tout le manuscrit de M. Chabrier, etc.

Un titre de plus en sa faveur, c'est de ne s'être point borné à la considération d'un seul ordre; il a au contraire étendu ses recherches aux principales familles de la classe des insectes : ce n'est donc que dans son ouvrage qu'on trouvera une

mémoire avec une satisfaction que l'on concevra facilement, puisque je me rencontre sur les points essentiels avec l'un des plus savans entomologistes du siècle.

Plusieurs mémoires de M. Latreille et de M. Geoffroy-Saint-Hilaire sur l'organisation des insectes parurent, soit au commencement, soit pendant le cours de l'année 1820. Depuis, M. Latreille n'a pas discontinué de donner au public de très-intéressans mémoires sur le même sujet. Cette même année (1820) M. Audouin lut à l'Académie des Sciences le précis d'un ouvrage considérable sur les parties dures du thorax des insectes; le compte qui en a été rendu en donne une très-haute idée; mais aucun mémoire, que je sache, (excepté celui précité de M. de Jurine) n'a encore paru sur la partie que j'ai traitée spécialement.

L'impression dans les Mémoires du Muséum n'ayant pu se faire que successivement et à de longs intervalles, j'ai pu, par là, revoir fréquemment mon ouvrage, examiner de nouveau les insectes sur lesquels j'avois déjà opéré, et corriger plusieurs méprises : ainsi le retard que j'ai éprouvé aura servi à rendre meilleur un travail que, malgré cela, je suis loin de croire parfait; car jusque dans mon dernier chapitre sur les mouvemens des animaux, où je ne m'occupe que du vol des oiseaux, un nouvel examen des organes de ce mouvement chez ces volatiles, m'a suggéré des idées neuves qui s'appliquent aussi immédiatement au vol des insectes; elles se trouvent en

---

anatomie comparative des parties qui, chez les insectes, sont employées en organes du vol, etc.

Je ne citerai aucun fait particulier, autrement il me faudroit les tous reproduire : il me suffira de dire en terminant que l'ouvrage de M. Chabrier manquoit à la science, même depuis les publications de M. le docteur de Jurine. De telles recherches non-seulement font honneur à l'esprit investigateur de M. Chabrier, mais quand on se rappelle qu'elles sont dues aux studieux loisirs d'un ancien militaire, etc. »

(*Extrait du rapport de M. Geoffroy-Saint-Hilaire, lu à l'Académie royale des Sciences, en sa séance du 23 avril 1821.*)

note à la fin du chapitre précité. D'après cela je suis bien persuadé que, si le temps et ma vue (qui s'est considérablement affoiblie par plusieurs années d'une application continuelle à disséquer et à dessiner l'anatomie des insectes) me permettoient de continuer mes examens sur la nature même, mon ouvrage y gagneroit plus de perfectionnement en tout genre.

Les différentes vues sous lesquelles j'ai considéré les mouvemens progressifs de l'homme et des animaux vertébrés étant exposées en tête de mon dernier mémoire, tout consacré à cet objet, je n'en dirai rien ici pour ne point me répéter et allonger ce discours sans nécessité.

ESSAI

SUR

LE VOL DES INSECTES (1).

CHAPITRE PREMIER.

Vues générales.

AYANT passé plusieurs années à étudier le mécanisme du vol des insectes, je présente ici le résultat de mes recherches.

Sans doute, mon ouvrage auroit été meilleur s'il m'avoit

(1) Je conserve la plupart des noms que j'avois d'abord donnés à plusieurs pièces du thorax, à cause de la facilité que j'ai trouvée par leur moyen à désigner les muscles du vol qui s'y attachent : ainsi, par exemple, au moyen des mots *dorsum*, *sternum*, *costal*, etc., tels muscles ont été appelés *muscles dorsaux*, tels autres, *sternali-dorsaux*, *costali-dorsaux*, *coxali-dorsaux*, etc.

Quant au travail non imprimé de M. Latreille, relatif à ces noms, auquel je me serois fait un plaisir et un devoir de me conformer, je ne le connois qu'imparfaitement ; cependant je me sers des noms, que je suis parvenu à connoître, donnés par cet illustre savant.

Je regrette que MM. Savigny et Straus, qui montrent une grande sagacité dans l'anatomie des parties les plus délicates des animaux articulés, n'aient encore rien publié, que je sache, sur la partie des insectes dont je m'occupe spécialement : leurs travaux m'auroient été très-utiles.

Comme je n'ai en vue que l'explication du vol, je ne ferai point mention des pièces qui n'ont aucun rapport à ce mouvement.

été possible de consulter d'autres travaux sur ce sujet. Feu M. le docteur Jurine est peut-être le seul qui se soit occupé de l'organisation des ailes et du corselet des hyménoptères; mais son travail n'étant point encore livré au public, je n'ai pu me le procurer. Marchant ainsi sans guides dans une route difficile, j'ai pu m'égarer; j'ose espérer de l'indulgence des hommes éclairés qui me jugeront.

Le tronc ou thorax des insectes s'articule en avant avec la tête, et en arrière avec l'abdomen; il est formé de trois segmens. M. Latreille nomme le premier *prothorax*, le second *mésothorax*, et le troisième *métathorax* (1).

Dans le thorax, on distingue sa partie supérieure ou dorsale, et sa partie inférieure ou pectorale à laquelle les jambes sont articulées. Cette dernière partie, dans les deux segmens postérieurs, est aussi nommée *conque pectorale*.

Chez les coléoptères, les orthoptères, les hémiptères et chez plusieurs hyménoptères, le prothorax admet dans son

---

(1) M. le baron Cuvier et M. le docteur Duméril nomment *corselet* ou *thorax* le premier segment du tronc, et *poitrine* les deux derniers. (Anatom. comp., t. Ier, et Traité élémentaire d'Hist. nat.)

M. le chevalier Geoffroy-Saint-Hilaire considère ces segmens et tous ceux du corps comme des vertèbres dans lesquels l'animal habite. (Mém. lu à l'Académie des Sciences, le 3 janvier 1820.)

M. le professeur de Blainville a proposé de donner constamment le nom de thorax à l'ensemble des trois anneaux du tronc, en les distinguant par les termes de premier, de second et de troisième anneau du thorax. (Bulletin de la Société Philomatique, mars 1820.)

Enfin M. Audouin a publié, dans le Bulletin de la Société Philomatique, mai 1820, l'extrait d'un Mémoire dans lequel les segmens du thorax portent les noms donnés par M. Latreille.

ouverture postérieure la partie antérieure du segment mitoyen; celui-ci, à son tour (mais je pense dans les coléoptères seulement), reçoit la partie supérieure et antérieure du métathorax; à cet effet, le mésothorax et la partie supérieure du métathorax se rétrécissent en devant en forme de collet. Ces segmens sont alors retenus les uns dans les autres par des membranes ligamenteuses lâches qui leur permettent de se rapprocher et de s'éloigner plus ou moins.

Les tégumens du thorax, quel que soit leur degré de fermeté, sont toujours soutenus par une charpente intérieure composée de nervures ou d'arètes plus ou moins fortes, adhérentes à ces tégumens et auxquelles plusieurs muscles s'attachent; les plus solides servent d'appuis aux ailes. La connoissance exacte de ces tégumens est nécessaire pour bien expliquer le vol.

Chez beaucoup d'insectes ils sont composés de plusieurs pièces de substances très-élastiques, unies par des ligamens ou des membranes souples, susceptibles ainsi d'être séparées et de se mouvoir les unes sur les autres. Chez d'autres espèces, la plupart de ces pièces sont soudées entre elles; mais alors les tégumens sont généralement plus flexibles, et ils s'amincissent encore dans les endroits où il doit y avoir du mouvement.

Le prothorax est remarquable par sa grandeur chez les coléoptères, chez les orthoptères et chez les hémiptères. Dans la plupart des coléoptères, il est formé d'un anneau complet très-solide d'une seule pièce, ou de deux au plus, unies si étroitement qu'elles paroissent soudées et ne peuvent avoir le moindre mouvement l'une sur l'autre. Le prothorax

de quelques hémiptères montre aussi beaucoup de solidité. Dans ces trois premiers ordres, il paroît surtout destiné, durant le vol, à faire équilibre à l'abdomen et à la partie du tronc située derrière les ailes; car l'insecte qui vole le mieux est celui dont le corps approche le plus de l'horizontalité pendant sa locomotion aérienne. Cependant le prothorax ne suffit pas toujours pour obtenir cet équilibre; témoins les lucanes, chez lesquelles les élytres et les ailes étant attachées trop en avant du centre de gravité, le prothorax joint à la tête et aux mandibules ne peut balancer le poids des parties postérieures; en conséquence, ces insectes volent lourdement, ayant le corps dans une situation presque verticale.

La grandeur et la solidité de cette partie chez quelques coléoptères sont aussi nécessaires pour contenir les muscles puissans des jambes antérieures qui sont très-fortes et pour donner à ces muscles, ainsi qu'à ceux qui meuvent le prothorax sur le segment mitoyen et à plusieurs muscles de la tête, des points fixes très-solides.

Chez les libellules, le prothorax qui est composé de deux pièces distinctes, a besoin d'être libre pendant le vol, auquel il ne paroît prendre que peu de part, vu que ces insectes saisissent leur proie avec leurs pattes antérieures articulées à ce segment, la mangent en volant, en la retenant au moyen de ces pattes.

Dans les hyménoptères, les lépidoptères et les diptères, le prothorax se divise en deux parties bien séparées et presque indépendantes l'une de l'autre; une supérieure, le plus souvent peu apparente et quelquefois soudée au mésothorax, et l'autre inférieure, ou *la partie sternale*, contenant les muscles de la première paire de jambes et qui est subdivisée en

deux autres portions dont l'une est antérieure et l'autre postérieure.

Chez les bourdons, les guêpes et les abeilles, la partie supérieure, ou le *collier*, forme un anneau mobile d'une seule pièce dont l'office dans le vol est très-essentiel. Chez les tenthrèdes, chrysis, sphex, etc., cette partie supérieure du prothorax n'est formée que d'un anneau incomplet, exerçant néanmoins, dans le vol, des fonctions analogues à celles du collier.

Le prothorax porte intérieurement, soit comme renforts, soit pour servir d'attaches aux muscles, des nervures accolées aux tégumens et plusieurs arètes transversales partant d'un centre commun tenant à la paroi inférieure et quelquefois percé d'un trou. Je donne à ces dernières pièces de nom de *branches furculaires*.

En général ce segment ne participe au vol que par ses vibrations.

Les organes du vol sont toujours fixés aux deux segmens postérieurs. Dans le cours de cet ouvrage, je les appelle quelquefois collectivement *tronc alifère*, ou les *deux segmens alaires*, et séparément par les noms de *segment alaire antérieur* ou *mitoyen*, et *segment alaire postérieur*.

Dans tous les insectes soumis à mon examen, j'ai observé que le tronc alifère approche davantage de la forme ronde que les autres parties, et qu'il a surtout plus de hauteur.

Il ne contient guère que les muscles du vol et des trachées, ou des vésicules aériennes; car dans les insectes qui volent le mieux, la partie du tube alimentaire qui le traverse est droite et ne paroît être qu'une continuation de l'œsophage.

Cet organe délicat échappe par sa petitesse et par sa position dans le thorax, à toute espèce de lésion dont le vol seroit la cause.

Les deux segmens alaires ne sont à peu près égaux que chez les libellules. Dans cette espèce, où les muscles du vol de chaque paire d'ailes sont aussi égaux, ces segmens n'entrent point l'un dans l'autre, ils sont même soudés dans leur partie pectorale. L'union intime de la partie sternale des deux segmens alaires, à laquelle s'articulent les hanches mitoyennes, existe aussi chez les coléoptères, chez les criquets, les cigales, les pentatomes, chez la plupart des hyménoptères et chez les diptères.

Le segment mitoyen est souvent très-grand, comme on voit dans les hémiptères, les hyménoptères, les lépidoptères et les diptères; il porte les ailes supérieures et les principaux muscles du vol communs aux deux paires d'ailes quand elles existent; il occupe une grande partie de la capacité du segment postérieur qui, par là, se trouve souvent réduit à n'avoir, sur les faces internes de ses côtés, que de petits muscles auxiliaires du vol, ou propres à étendre et à replier les ailes inférieures.

L'ordre des coléoptères et celui des orthoptères se distinguent en ce qu'ils sont les seuls, parmi tous les insectes que j'ai examinés, où le principal segment alaire, celui qui porte les ailes véritables, soit le postérieur; dans les coléoptères seuls il contient, en outre, les muscles du vol communs aux ailes et aux élytres; leur segment mitoyen, presque entièrement envahi par le métathorax, et ne pouvant guère contenir que de très-petits muscles auxiliaires du vol et ceux

destinés à ouvrir et à fermer les élytres, ne prend qu'une part médiocre à l'action de voler.

Par la nature de ses fonctions, le tronc alifère doit se dilater et se resserrer tour à tour dans le vol; en conséquence, les diverses pièces de sa partie dorsale ne sont liées ensemble que par des membranes et des ligamens plus ou moins serrés et plus ou moins élastiques, et leurs articulations avec les parties pectorales et avec les ailes sont très-libres.

La *conque pectorale* représente le sternum, les côtes et les clavicules des oiseaux, et en remplit les fonctions: ainsi, elle porte les appuis des ailes. Mais comme dans les insectes les muscles sont intérieurs, il a été nécessaire que toutes les pièces destinées à étendre les points d'attaches de ces muscles, telle que la crête sternale, fussent aussi placées en dedans.

J'ai nommé *entosternum*, une partie solide intérieure, souvent bifurquée, située sur le milieu de la partie sternale de la poitrine, se rencontrant dans tous les insectes, à laquelle plusieurs muscles s'attachent, et qui est surtout remarquable chez quelques coléoptères, où sa partie postérieure figurant à peu près un Y, a été appelée *furculaire* et *branches furculaires*.

On voit dans tous les insectes de petits muscles, ou plutôt des ligamens élastiques (1) (car je n'ai pu y découvrir de fibres) propres à rapprocher les parois latérales de la poitrine

(1) Dans les insectes, les ligamens élastiques sont fréquemment employés. J'ai cru remarquer que leur couleur est toujours blanchâtre, au lieu d'être jaune comme dans les autres animaux.

quand elles sont écartées ; à cet effet, les branches furculaires sont libres, c'est-à-dire qu'elles ne se soudent point aux parois latérales de la poitrine : ordinairement elles donnent attache aux ligamens élastiques dont nous venons de parler, lesquels s'insèrent soit à ces parois de la poitrine, soit aux nervures servant d'appuis aux ailes.

Chez tous les insectes, les appuis des ailes, fortifiés par des nervures ou par d'autres contreforts, sont toujours les parties les plus solides de la charpente du tronc ; chez tous, l'extrémité supérieure se recourbe en dedans. Ces appuis ou *clavicules thorachiques*, s'articulent tantôt immédiatement avec la base de l'aile (laquelle est posée dessus en travers de manière à être divisée par eux en *partie interne* et en *partie externe*), tantôt avec cette base et le dorsum par l'intermédiaire de petits osselets. Dans les coléoptères, je nomme *clavicules antérieures* ou *scutellaires*, les appuis des élytres, et *plaques fulcrales*, les écailles auxquelles sont fixés les appuis des ailes.

Le *dorsum*, qui est l'écaille la plus considérable de la partie dorsale des tégumens du tronc alifère, est convexe en dessus et concave en dessous ; il s'articule avec les ailes et donne insertion aux principaux muscles du vol ; il n'y a d'exception que chez les libellules où ces muscles s'insèrent directement aux ailes. Il existe un dorsum pour chaque paire d'ailes dont la grandeur est en proportion avec l'importance des ailes qui s'y articulent, et avec la force des muscles du vol qui s'y attachent. Il est souvent divisé en deux parties égales et semblables par une ligne médiane longitudinale, de chaque côté de laquelle on voit (chez les coléoptères

et hémiptères) des nervures disposées symétriquement.

Dans tous les insectes, ses bords se recourbent en bas plus ou moins; ceux des côtés portent des apophyses que je nomme *humérales*, par l'intermède desquelles ils s'articulent avec le côté interne de la base des ailes, immédiatement ou par l'intermédiaire de petits osselets; les autres parties anguleuses des bords servent pour l'articulation du dorsum avec d'autres pièces contiguës.

Chez les coléoptères, le corps du dorsum, dans le repos, est couvert par les ailes et les élytres, et sa partie antérieure, rétrécie en forme de cou et recouverte en dessus par une simple membrane, se cache sous l'écusson avec lequel elle est articulée; elle se termine en avant par une demi-cloison transversale et à peu près verticale que je nomme *prædorsum* ou *cloison cervicale*, à laquelle s'insère l'extrémité antérieure des muscles dorsaux; car ces muscles ne touchent point à la voûte du dorsum.

Dans la plupart des autres ordres, l'attache antérieure des muscles dorsaux diffère en ce qu'elle a lieu sur le devant d'une grande partie du tiers mitoyen du dorsum.

Chez les criquets, sa partie antérieure ne souffre aucune diminution pour entrer dans le prothorax; elle se retrécit dans les cigales; mais chez les pentatomes, c'est au contraire la partie la plus large du dorsum qui est couverte par le prothorax; enfin, chez plusieurs hyménoptères, le dorsum se termine en devant par une espèce de visière qui pénètre dans le collier (j'appelle ainsi, dans les hyménoptères, la partie supérieure du prothorax), et s'y articule librement. Dans les autres ordres, cette pièce n'entre point dans le prothorax.

Chez les hémiptères, les hyménoptères, les lépidoptères, les diptères et chez quelques névroptères, le dorsum des ailes supérieures est beaucoup plus grand que celui des ailes inférieures ; ce dernier dorsum est réduit presque à rien chez les diptères, où il n'existe aussi que des rudimens d'ailes postérieures; par contre, il est le principal chez les coléoptères et les orthoptères : enfin dans les libellules les deux dorsum sont égaux.

C'est presque toujours par l'intermédiaire des propres mouvemens du dorsum, qui sont considérables dans le vol, que sont mues également et simultanément les ailes ou les élytres; ainsi, lorsqu'il se hausse, il entraîne avec lui le côté interne de la base des ailes avec lequel il est articulé, d'où s'ensuit l'abaissement du côté externe et de l'aile; et quand il se rapproche de la partie sternale, tout le contraire ayant lieu, les ailes s'élèvent.

Lors de l'abaissement des ailes, le dorsum est courbé d'avant en arrière, ou de manière que son extrémité antérieure se rapproche de la postérieure, que son milieu se hausse et que ses parties latérales s'éloignent. C'est tout le contraire dans l'élévation des ailes, son extrémité antérieure s'éloigne de la postérieure, son milieu s'abaisse et ses côtés se rapprochent l'un de l'autre. Ainsi, sa flexion dans un sens nécessite la diminution de sa courbure dans le sens normalement opposé.

Supposons une feuille A (pl. 1, fig. 1), de matière élastique quelconque, courbée en forme de tuile creuse; en cet état si l'on veut la courber aussi d'avant en arrière de manière à rapprocher ses extrémités *b* et *c*, il est clair que

la première courbure disparoîtra, du moins en partie, et surtout vers le milieu de la feuille; que, par conséquent, les bords latéraux *d* et *e* s'écarteront; c'est là précisément ce qui a lieu à l'égard du dorsum des insectes par l'intermède des muscles du vol; par là et par quelques autres moyens, le corps est alternativement comprimé et dilaté, et les ailes élevées et abaissées tour à tour.

Le dorsum tient en arrière au corps et aux deux branches d'une pièce demi-circulaire exerçant l'office de levier et susceptible de ressort, à laquelle il est uni intimement dans tous les ordres d'insectes, excepté dans quelques hyménoptères, tels que les guêpes, les bourdons, les abeilles, etc., où cette pièce peut être séparée. Je l'appelle *post dorsum* ou *podorsum*, à cause de sa position; et quelquefois *bascule* ou *appendice basculaire* (c'est *l'écusson* dans quelques ouvrages), tant à cause de son genre de mouvement, que de celui qu'elle imprime aux osselets de la base des ailes. Cette pièce est à peu près libre; car un seul petit muscle s'attache à l'extrémité antérieure et interne de chaque branche.

Chez tous les insectes que j'ai examinés, à l'exception des libellules, les muscles dorsaux, ou abaisseurs des ailes, s'attachent postérieurement à la face concave d'une sorte de cloison transversale très-convexe en arrière, libre dans la partie postérieure de ses bords supérieur et inférieur, et dont les côtés seulement sont articulés avec la conque pectorale et souvent unis intimement avec elle (comme chez les criquets, cigales, papillons et diptères), que j'appelle *cloison costale*, ou simplement le *costal*, à cause de ses fonctions dans le vol, répondant en quelque sorte à celles des côtes

des oiseaux, vu qu'elle sert comme celles-là d'attache postérieure aux muscles abaisseurs des ailes, et dilatateurs du tronc. Dans la plupart des insectes, excepté chez quelques hyménoptères, le costal sépare immédiatement le tronc de l'abdomen, ce qui peut le faire considérer aussi comme une sorte de diaphragme. Le plus souvent sa partie inférieure se porte en arrière; mais chez plusieurs hémiptères, c'est le contraire; là cette partie est en avant et tient, par des ligamens élastiques, à des apophyses sternales. Dans les hyménoptères, dont l'abdomen est pédiculé (ichneumons, sphex, guêpes, bourdons, abeilles), cette même pièce est entièrement dans l'intérieur du métathorax, s'articulant par ses branches seulement avec la bascule et avec les osselets de la base de chaque aile.

Chez presque tous les insectes, dont l'abdomen est sessile, et où cette pièce existe, la partie postérieure de son bord supérieur est découverte et libre; elle est unie simplement à l'appendice basculaire par une membrane ligamenteuse très-forte et lâche, protégeant l'intérieur du tronc et qui est, tour-à-tour, tendue et relâchée dans le vol. Cette membrane n'existe pas chez les hyménoptères, dont l'abdomen est uni au tronc par un pédicule; elle y auroit été sans objet, vu que le costal est là dans l'intérieur de l'arrière poitrine.

Une telle disposition chez la plus grande partie des insectes, prouve évidemment que la convexité du costal doit être diminuée dans la contraction des muscles dorsaux, afin d'élargir le tronc, ce qui n'auroit pu se faire si la partie postérieure de ses bords supérieur et inférieur n'avoit été libre. Il n'y a d'exception à faire que pour les criquets, chez lesquels le costal proprement dit, divisé en deux lobes, est entière-

ment dans l'intérieur du tronc, ayant, du côté antérieur, son bord supérieur uni intimement et sans intermédiaire à l'appendice basculaire; en arrière, ce même bord tient aux tégumens qui couvrent en dessus l'origine de l'abdomen.

Chez les libellules, les muscles abaisseurs des ailes s'attachent comme les releveurs, en bas à la partie sternale de la poitrine, et non à des cloisons transversales intérieures : cependant ces dernières pièces n'en existent pas moins, mais leur destination est en partie changée; elles sont rejetées en dehors et font partie intégrante des tégumens supérieurs du tronc alifère; cependant elles contribuent encore à la dilatation de ce tronc.

L'abdomen, souvent peu flexible en dessous, est quelquefois soutenu de ce côté par le prolongement en arrière de la face sternale du métathorax; c'est ce qui se voit dans les cigales. Chez la plupart des coléoptères et chez quelques hémitères sa face inférieure porte en devant, dans sa partie médiane, une saillie terminée en pointe, au moyen de laquelle il vient prendre son point d'appui dans le milieu du sternum; par là, il ne peut gêner le mouvement des hanches postérieures. Chez tous les insectes, où il est sessile, outre l'appui qu'il prend en bas contre le sternum, il est encore attaché en haut par de fortes membranes ligamenteuses, soit au costal, soit à des appendices supérieurs de l'arrière poitrine, comme chez les coléoptères, tenthrèdes, sphinx, papillons, diptères, etc. Dans quelques espèces, chez les libellules par exemple, où il s'appuie aussi en bas contre le sternum, il est encore retenu du côté d'en haut par des membranes et par des muscles puissans s'insérant loin du centre de mouvement. Chez les bourdons, il pose contre la portion sternale des tégumens et,

de plus, il est retenu par des ligamens que je présume être élastiques, et il est relevé par des muscles dont les tendons sortent du tronc par un trou particulier situé au dessus de son articulation avec le métathorax.

Selon nous, l'abdomen des insectes est l'organe principal de la respiration, surtout de l'inspiration (1); il est susceptible de se dilater et de se resserrer, de s'allonger et de se raccourcir, de s'élever et de s'abaisser, et doit être considéré comme un soufflet propre à entretenir d'air le tronc alifère dont les tégumens restent pour ainsi dire immobiles dans le repos des ailes. En élevant son extrémité libre, en même temps que les ailes, il se resserre, refoule de l'air dans le thorax et diminue le poids du corps par la force centrifuge ascendante qu'il engendre; prenant part ensuite à la dilatation générale dans l'abaissement des ailes, il monte avec le tronc, présentant alors sa partie antérieure, ou la plus pesante, la première. Il doit nécessairement se relever plus ou moins en même temps que les ailes; car ses points d'attaches au tronc reculant, dans cette circonstance, s'il restoit dans l'inaction, il descendroit et entraîneroit l'insecte en bas par son poids.

Il paroît que la perfection du vol tient à la mobilité de l'abdomen, car les insectes qui volent le mieux ont généralement de la facilité à mouvoir cette partie. Son extrémité libre regarde le plus souvent en bas durant le vol, afin de diminuer la résistance de l'air; de même que les ailes ont toujours, dans le même cas, et pour une fin semblable, leur extrémité la plus légère tournée en arrière.

(1) Cependant je crois que l'inspiration peut s'opérer dans quelques cas par les stigmates thorachiques.

Des ailes en général.

Dans ce que j'ai à dire sur les ailes, je me bornerai, autant qu'il me sera possible, à l'exposé de mes propres observations et à la considération de ces parties comme instrumens du vol. On trouvera de plus amples détails sur leurs formes, leurs structures, leurs positions, leurs relations et leurs usages, dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, dans l'Anatomie Comparée (tom. 1), dans la Philosophie Anatomique de M. Geoffroy Saint-Hilaire, dans l'Encyclopédie Méthodique, dans le Nouveau Dictionnaire d'Histoire Naturelle, au mot *aile* par M. Latreille, et dans le Discours sur la Formation des ailes des insectes du même savant, etc.

En général les ailes sont très-légères, surtout à leurs extrémités libres et dans leur partie postérieure; en conséquence elles diminuent d'épaisseur, de fermeté et de largeur de leur base à leur extrémité, et de leur bord antérieur au postérieur. Les plus convenables pour le vol sont celles qui allient la légèreté à la fermeté: (on peut citer en exemple *les ailes des libellules, des bourdons, etc.*) Dans toutes les espèces de volatiles, elles sont fixées de chaque côté du tronc alifère, et plus ou moins près de sa partie antérieure, principalement par leur partie la plus solide, qui est l'extrémité radicale de leur bord antérieur; de manière que leur côté interne, reculé en arrière, est à peu près libre, ainsi que toute leur partie postérieure, excepté dans les coléoptères et quelques diptères, où ce bord interne, formé d'une membrane très-souple et assez étendue pour permettre tous les mouvemens, est arrêté au tronc : par ce moyen, les ailes présentent en arrière, lorsqu'elles s'a-

baissent, des bras de leviers sur lesquels l'air peut agir librement, et en raison de la légèreté, de la fermeté, de la longueur et de la surface de ces leviers, afin de tenir le corps dans une situation horizontale; de tourner le plan de chaque aile, de manière que sa face inférieure regarde obliquement en arrière, et de pousser par là le volatile en avant dans la direction de la résultante des forces.

Les oiseaux qui volent le mieux ont leurs pennes secondaires fermes et grandes, surtout près du tronc.

Chez quelques coléoptères, les élytres et les ailes sont attachées trop en avant du centre de gravité, et la partie interne et postérieure de ces dernières ayant peu de consistance et ne s'étendant pas assez en arrière, ne contribue pas suffisamment par là à balancer le poids de l'abdomen et de la partie postérieure du tronc, ce qui fait que ces insectes volent presque droits.

Je crois avoir remarqué que les diptères (tels que les asiles et les tipules), dont les cuillerons sont peu développés, ont les ailes attachées plus près de la partie postérieure du tronc alifère que de l'antérieure; par ce moyen, cette partie antérieure, jointe à la tête, peut faire équilibre à l'abdomen dans le vol.

Généralement les ailes sont pourvues de ligamens élastiques, ou de nervures rétractiles, propres surtout à faciliter le mouvement par lequel elles se referment; à plisser, dans ce cas, les membranes d'une manière convenable, et, lorsque les ailes se portent en avant, à tendre ces membranes. M. de Blainville a observé que les pennes ont à leur base respective des ligamens élastiques qui les rapprochent les unes des autres dans le repos. Il a vu aussi des tendons élastiques dans toutes les parties des ailes des chauve-souris; et

selon ce savant, les ailes de certains insectes sont plissées ou pliées par des ligamens semblables.

Les ailes ne sont parfaitement étendues que dans leur abaissement, leur extrémité carpienne étant toujours un peu fléchie en arrière lorsqu'elles s'élèvent et avancent; ce à quoi contribue, dans l'un et l'autre cas, la résistance de l'air. Leur principal office est de trouver dans cette résistance du fluide atmosphérique à leur abaissement, le point d'appui d'où part le tronc pour s'élancer en haut, et de s'élever ensuite elles-mêmes avec assez de prestesse pour engendrer, conjointement avec l'abdomen, une force centrifuge proportionnelle à leur masse et capable d'empêcher le tronc de redescendre. C'est afin de bien remplir ces fonctions, qu'étant déployées, elles sont toutes légèrement concaves en dessous, et convexes en dessus, et que leur bord antérieur est aussi convexe en avant, en forme de lame tranchante recourbée en arrière, ce qui, joint à sa fermeté et à son épaisseur, le rend propre, dans l'élévation des ailes, à fendre l'air, à vaincre facilement sa résistance et à procurer par là une force centrifuge très-utile, *proportionnelle à la surface et à la masse de l'aile.* Les extrémités légères des pennes primaires dans les oiseaux, ne sont point un obstacle à cet effet; car, dans cette circonstance, elles regardent toujours en arrière, en sorte que c'est la partie la plus pesante de chaque penne qui avance la première, ainsi que celle de l'aile proprement dite, et qui entraîne la plus légère.

Chez les oiseaux, les extrémités des pennes étant souples et légères, donnent par là, lorsqu'elles présentent leur plus grande surface, beaucoup de prise à l'air qui les relève

davantage que les autres parties de ces mêmes pennes, c'est ce qui fait que les ailes ne pouvant ni s'abaisser librement, ni s'étendre transversalement, leur mouvement se réfléchit vers leurs bases; mais ces extrémités étant minces à proportion de leur légèreté et de leur souplesse, offrent encore en avançant, circonstance où, comme nous l'avons déjà dit, elles sont repliées plus ou moins en arrière, l'avantage de passer plus facilement au travers du fluide ambiant. Il en est de même à l'égard des insectes qui ont aussi les extrémités de leurs ailes comme gaufrées, très-minces, flexibles et recourbées en arrière.

Une circonstance remarquable c'est que dans les insectes où elles se plient transversalement dans le repos, c'est toujours en arrière que la flexion carpienne a lieu, comme chez les oiseaux.

Les ailes des oiseaux ont une organisation supérieure à celle des ailes des insectes: 1°. parce que l'air est mieux retenu au moyen des cellules formées par les barbes des pennes que par les simples plis des ailes des insectes; 2°. parce que les premières sont divisées en plusieurs parties articulées en sens alternatif, qui se redressent entièrement et simultanément du côté libre; chaque partie, dans ce cas, mue par ses muscles particuliers, produit une force centrifuge qui lui est propre, et ces forces s'ajoutant les unes aux autres, suivant une progression croissante des extrémités des ailes vers le tronc, et alternativement de celui-ci aux extrémités des pennes, il s'ensuit que les parties les plus éloignées du centre de mouvement, se meuvent avec leurs forces particulières et avec les forces de toutes les autres parties plus rapprochées

de ce centre, ce qui n'a pas lieu dans les ailes des insectes qui se meuvent dans le vol comme si elles étoient d'une seule pièce.

C'est au bord antérieur de l'aile, chez les oiseaux, que sont les parties charnues et osseuses et les pennes les plus fermes. Dans la plupart des insectes, le bord externe est composé de deux nervures adossées, épaisses et unies intimement jusque dans leurs bases (*nervures brachiales*); celle qui est tout-à-fait en dehors figure le *radius*, la seconde plus forte représente le *cubitus* (1).

Toutes les espèces d'ailes ont, à l'extrémité de l'avant-bras, une partie qui est le carpe dans les oiseaux, les chauve-souris, et la plupart des insectes, et le stigmate chez les libellules, laquelle étant plus massive que les autres parties voisines de cet avant-bras est, par cette cause et par sa situation, propre à augmenter l'intensité de la force centrifuge produite quand l'aile se porte en haut et en avant. C'est ordinairement à compter de cette partie que le bord antérieur de l'aile commence à se porter en arrière dans tous les volatiles.

Chez les coléoptères, la pesanteur spécifique du bord externe et ses moyens de résistance sont augmentés par un liquide qui, introduit à volonté dans une longue poche située sous le premier tiers des deux nervures brachiales, peut, entre autres usages, faire varier la position du centre de gravité dans le vol. Cette poche est formée en dessus et du côté interne par la partie écailleuse des nervures et immédiatement en dessous par une membrane fine et souple. Dans le repos,

---

(1) Je crois que ces dénominations ont été données par M. le docteur Jurine.

ce sac est ordinairement flasque et sa membrane souple est alors repliée sur la partie écailleuse (pl. 1, fig. 5 et 6).

Dans les libellules, æshnes, agrions, etc., la seconde moitié du bord externe m'a paru plus épaisse dans son commencement que la première, et en outre, plusieurs autres nervures longitudinales s'en rapprochent beaucoup; le point de l'aile, ou le stigmate (que l'on pourroit appeler, selon nous, *lentille* ou *balancier*, puisqu'il en fait l'office), contenant un liquide visqueux, est placé presque au bout de cette seconde moitié.

Cette portion plus épaisse du bord antérieur de l'aile et ces stigmates contenant un liquide augmentant le poids de l'aile dans cette portion, prouvent en faveur de l'utilité de la force centrifuge ascendante qui a lieu dans le mouvement angulaire de l'aile en haut et en avant, force que nous croyons avoir fait remarquer le premier, car il en étoit question dans un mémoire que j'ai présenté à l'Institut en 1810.

On voit aussi une tache opaque au dessus du carpe des ailes des tenthrèdes, des cimbex, des sirex, des ichneumons, des guêpes, sphex, bourdons, etc., chez d'autres hyménoptères et chez les criquets, cigales, lépidoptères et diptères; cette partie plus pesante et plus ferme de l'aile, est formée par le rapprochement des premières nervures longitudinales et par des nervures transversales.

Dans les pentatomes, le bord antérieur de l'aile, et toutes les conditions qu'il doit avoir, telles que la fermeté et l'augmentation de poids dans sa partie la plus saillante en avant, sont donnés par toute la partie écailleuse de l'élytre, laquelle s'accroche à l'aile dans le vol; en conséquence, le bord

externe de l'aile inférieure est proportionnellement très-foible. Comme l'élytre de ces insectes forme le bord antérieur de l'aile véritable dans le vol, la partie de ce bord, destinée à trancher le fluide ambiant, avoit besoin de fermeté; mais son extrémité devoit être membraneuse, flexible et légère, afin de donner plus de prise à la résistance de l'air lors de l'abaissement de cette aile.

La face supérieure ou convexe de l'aile des oiseaux est lisse et impénétrable à l'air, et l'inférieure, malgré sa concavité, a plus d'étendue que la première; sans ajouter sensiblement au poids de l'aile, la nature a su augmenter cette dernière surface, et l'influence de l'air sur elle, en formant de ce côté, avec les barbes des pennes, d'innombrables cellules, dont les cloisons inclinées en arrière et ayant leur bord inférieur recourbé dans le même sens, sont très-propres, lorsque l'aile s'abaisse promptement, à retenir le fluide ambiant, de manière que sa réaction produise le plus d'effet possible. Je suis porté à croire que, lors de la plus grande extension de l'aile, le pouce doit s'ouvrir par le moyen des muscles de l'avant-bras et peut-être par le tiraillement du ligament élastique; que, dans ce cas, les pennes fixées à ce pouce étant dirigées vers en bas, retiennent le fluide atmosphérique et augmentent par là sa résistance.

La peau des ailes des chauve-souris est susceptible, au moyen d'une multitude de petits tendons élastiques placés dans sa duplicature, de former une infinité de petits plis s'écartant du bord antérieur et de la ligne médiane du tronc et allant ainsi obliquement se terminer au bord postérieur de l'aile. La disposition de tous ces plis, en augmentant l'étendue

des surfaces est, de plus, favorable pour fixer l'air dans l'abaissement de l'aile, et pour le laisser échapper dans le mouvement contraire. En outre, la membrane inter-brachiale se replie en bas plus ou moins, particulièrement au devant du carpe, où cette membrane descend assez bas et se recourbe même en arrière avec le pouce; au moyen de cette disposition, l'air étant arrêté par cette membrane et s'accumulant sous l'aile pendant son abaissement, réagit avec plus de force et de succès, et a un effet proportionnel à la surface inférieure de l'aile, à la grandeur et à la fermeté de son rebord antérieur, et à la longueur du bras de levier sur lequel il agit.

La surface concave des ailes chez les insectes et ses moyens de fixer l'air sont augmentés par des ailerons, des replis et autres appendices; c'est pour cette raison que les libellules ont le bord antérieur de leurs ailes recourbé en bas et en arrière; beaucoup d'ailes, parmi les postérieures surtout, ayant leur côté interne très-reculé en arrière, recourbé considérablement en bas et s'avançant même jusque sous l'abdomen, ont par là plus de moyens de fixer l'air du côté de leurs bases : telles sont celles de quelques libellules et de quelques lépidoptères; ainsi chez ces insectes, les surfaces augmentent proportionnellement à la diminution du bras de levier, sur lequel le fluide agit. L'étendue de la surface de l'aile est surtout augmentée par de grands plis longitudinaux, tous plus ou moins recourbés en arrière à leurs extrémités, dont les uns s'étendent de la base de l'aile à sa pointe, et les autres en plus grand nombre, se courbant progressivement davantage, viennent se terminer à son bord postérieur. Ces plis sont disposés de la manière la plus favorable pour que l'aile remplisse avan-

tageusement ses fonctions de rames, c'est-à-dire pour qu'elle puisse fixer l'air dans son mouvement en bas et en arrière, particulièrement à son extrémité, et afin que cette faculté soit parfaite, les côtés des plis longitudinaux sont souvent comme gaufrés, et leurs extrémités divisées en petits plis transversaux qui eux-mêmes se subdivisent en d'autres plis plus petits encore. Ces plis sont presque toujours accompagnés et assujettis par des nervures dirigées dans le même sens et par d'autres transversales. Chez les libellules et les criquets, où ces plis sont marqués d'une manière plus parfaite, les plus fortes nervures couronnent le sommet des plis longitudinaux; celles qui sont à l'intersection inférieure sont plus déliées, souvent même elles manquent. Chez les libellules seulement, où les ailes restent toujours étendues, de petites cloisons transversales maintiennent ces plis dans leur forme, et le sommet des nervures est parsemé de petites épines crochues dont la pointe est tournée en dehors ou en arrière. Mais cette disposition des plis, soit chez les libellules, soit chez les criquets, est subordonnée à la faculté commune à toutes sortes d'ailes, de traverser sans peine, en s'élevant et en avançant, le fluide atmosphérique, et de n'en retenir, dans ce cas, que le moins possible.

Chez d'autres insectes, tels que les xilocopes violettes, les bourdons, les tenthrèdes, les cimbex, les plis obliques de l'extrémité de l'aile, plus ou moins réguliers, ont en dessus leurs sommets surmontés par de petits piquans ou poils roides et crochus, dont l'extrémité regarde obliquement en dehors et en arrière, et dont la base est marquée en dessous par un petit creux très-propre à augmenter la surface concave de l'aile,

surtout à son extrémité où la résistance de l'air est particulièrement nécessaire.

Ces piquans sont d'autant plus multipliés que les plis obliques sont moins nombreux et moins réguliers, ce qui porte à croire que les uns suppléent aux autres. Ainsi, la xilocope, où ces plis sont assez nombreux, a moins de poils roides sur l'extrémité de ses ailes, que les bourdons et surtout que les tenthrèdes et cimbex, où ces plis obliques sont moins marqués : ainsi, les ailes du sirex géant, des scolies, sphex, frelons, remarquables par la régularité et le grand nombre des plis obliques, n'ont point de piquans.

Il est remarquable que ces poils roides des ailes, soit des libellules, soit des hyménoptères, ont leurs pointes tournées obliquement vers l'extrémité de l'aile et en arrière; par là, elles peuvent fixer le fluide atmosphérique dans l'abaissement des ailes ; mais ce même fluide glisse dessus lorsque les ailes se portent en haut et en avant; ceci soit dit afin de ne rien négliger de ce qui peut appuyer un fait, et sans détruire les autres usages attribués à ces épines par les entomologistes.

Les plis obliques de l'extrémité de l'aile existent aussi, avec une grande régularité, dans quelques espèces de pentatomes et autres hémiptères, où, en outre, chaque côté de ces plis est comme ridé transversalement.

En général, les poils, soit doux, soit hispides qui couvrent les ailes, de même que les écailles des ailes des lépidoptères, sont, selon nous, indépendamment de leurs autres usages, des moyens de fixer l'air dans le vol, en multipliant les arrêts et en augmentant les surfaces.

Tout ce que je viens de dire sur l'usage des cellules formées

par les barbes des pennes chez les oiseaux; de la saillie inférieure des tiges de ces mêmes pennes; des plis des ailes des chauve-souris; du rebord qui se forme au côté antérieur de ces ailes durant le vol; des plis, soit longitudinaux, soit transversaux et plus ou moins fixes des ailes des insectes; de leurs rebords saillans en dessous et quelquefois tournés en arrière, et des petits creux qui se voient aussi en dessous à l'extrémité de ces ailes chez quelques hyménoptères, forme que j'ai prouvé, pour chaque espèce, être propre à retenir l'air, lors de l'abaissement des ailes, et par là, à augmenter la résistance de ce fluide, se trouve confirmé par des expériences très-curieuses sur le choc de l'eau, faites par *M. le chevalier Morosi, membre de l'Institut de Milan* (Bibliot. universelle, t. 12).

On peut conclure de ces expériences, 1°. que les molécules de l'air, bien loin d'être indépendantes les unes des autres, sont, de même que celles de l'eau, douées d'une forte cohésion réciproque; 2°. que la force qui les porte contre le plan de l'aile, lorsque celle-ci tend à s'abaisser, les dispose à se soutenir mutuellement et à former de leur ensemble comme un solide, surtout si ces molécules sont arrêtées, soit par les cellules des pennes, soit par les rebords des plis ou des creux des ailes des insectes; 3°. et enfin, que la résistance de l'air à l'abaissement des ailes est, par toutes ces causes, plus que double de ce qu'elle seroit si les ailes étoient tout-à-fait unies et planes en dessous.

Dans le premier cas, l'air réagit contre le plan de l'aile et contre les arrêts ou rebords de sa face inférieure avec une force que l'on peut estimer être à peu près égale à l'action

de la pesanteur. Ainsi ces forces se balançant dans ce cas, et l'aile restant à peu près à la même place; c'est le corps du volatile qui monte au moyen de la force musculaire toute entière et qui donne aux ailes l'apparence de descendre.

Tous les insectes qui volent ont quatre ailes, excepté les diptères. On pourroit même ne point faire d'exception pour ces derniers; car leurs ailerons agrandissant la base des ailes supérieures, remplacent à cet égard les ailes inférieures.

Quant à leurs balanciers, on ne doit pas les regarder comme des ailes avortées; on ne qualifie pas ainsi les caractères permanens; dans le dernier chapitre de cet ouvrage je tâcherai de démontrer leur utilité dans le vol. M. Latreille pense qu'ils peuvent servir à la respiration; adoptant cette idée, j'ajoute qu'elle est d'autant plus probable que, dans le repos des ailes, le tronc alifère paroît être tout-à-fait immobile et que les mouvemens des balanciers joints à ceux de l'abdomen peuvent y faire circuler de l'air, en dilatant et en comprimant la poitrine, tour à tour, quoique d'une manière peu sensible.

En général, les insectes qui ont quatre ailes volent très-bien; leur corps étant dans une situation horizontale pendant le vol, et les ailes inférieures s'étendant fort en arrière, ils peuvent par là se passer facilement d'un prothorax pesant pour balancer le poids de l'abdomen. On doit en excepter quelques coléoptères dont les élytres et les ailes sont attachées trop en avant du centre de gravité.

Les ailes de plusieurs coléoptères, orthoptères et diptères sont souvent plus complètes que chaque aile des autres ordres prise séparément. En effet, les ailes supérieures des hémiptères,

des hyménoptères et des lépidoptères fixées sur la partie la plus antérieure du thorax, étant plus longues que les postérieures, plus fermes, étroites à leur base et n'étant point formées pour favoriser la résistance de l'air de ce côté, ne sont vraiment que le complément des ailes postérieures; réciproquement, celles-ci s'étendant fort en arrière, dont le bord antérieur est foible et relevé en haut, qui d'ailleurs donnent beaucoup de prise à l'air par leur largeur et leur légèreté, suppléent par là à ce qui manque aux premières. Ainsi, chez ces derniers insectes, surtout chez les hyménoptères, cigales, pentatomes, les ailes du même côté s'accrochant et s'unissant fortement dans le vol, doivent être considérées comme une seule aile en deux portions.

Les ailes supérieures de quelques hyménoptères ont encore cette analogie avec les ailes semblables des hémiptères, qu'étant épaisses près de leurs bases et hérissées en dessus de poils roides dans leur partie la plus mince, couvrant dans le repos les ailes inférieures et les préservant par là des effets du frottement, lorsque ces insectes entrent dans des trous étroits, elles exercent réellement à l'égard de celles-ci les fonctions d'élytres.

Les libellules ayant un système complet de muscles du vol pour chaque paire d'ailes, et celles-ci étant au même niveau et toujours étendues, ne peuvent conséquemment ni se plier l'une sur l'autre, ni s'accrocher dans le vol; aussi chaque paire peut-elle se mouvoir séparément. Cependant, les ailes de chaque côté sont encore ici le complément l'une de l'autre; effectivement, l'antérieure est ordinairement plus ferme, plus longue et plus étroite, du moins à sa base, que la postérieure

dont la base est fort large et dont le bord interne, recourbé en bas, s'étend considérablement en arrière, ce qui contribue d'une manière très-efficace à maintenir le corps dans la situation horizontale durant le vol. Il en est autrement dans quelques familles du même ordre dont les ailes se plient; alors tout rentre dans la règle générale.

Hormis les coléoptères, chez tous les insectes, qui pour mouvoir leurs quatre ailes, n'ont qu'un seul système de muscles du vol, les ailes du même côté se joignent plus ou moins fortement pour voler, ce qui est évident surtout à l'égard des hémiptères et des hyménoptères. Il paroît que cette jonction est d'autant mieux marquée que l'unité des muscles du vol est plus parfaite; en effet, chez les lépidoptères, par exemple, l'union des ailes dans le vol ne s'opère point d'une manière aussi intime que dans les espèces que nous venons de citer, parce que là, chaque paire d'ailes a ses releveurs particuliers. Cependant, comme la base de la première aile est étroite et n'est complétée que par celle de l'aile inférieure; que le bord postérieur de cette première aile est recourbé en bas et que le bord antérieur de la seconde est tourné du côté d'en haut, et se porte fort avant sous la première; que, de plus, ce dernier bord est foible et peu propre à fendre l'air, et à le retenir, il est clair aussi que les deux ailes ne doivent point se mouvoir, du moins ordinairement, à part l'une de l'autre. La chose est manifeste, particulièrement chez les lépidoptères crépusculaires et nocturnes où il existe un moyen d'union spécial que nous ferons connoître.

Aucune nervure de l'aile ne sort immédiatement du tronc alifère; toutes sont articulées en dehors avec des osselets

tenant à la racine de l'aile et au tronc (*osselets radicaux*), et dont plusieurs (chez les hyménoptères) ont des communications avec d'autres placés dans l'intérieur. La plupart de ces osselets ne se voient que dans les insectes dont les ailes sont couchées longitudinalement dans le repos; ils ne servent guère que pour étendre celles-ci et pour les replier; car, dans le vol, les ailes se meuvent comme si elles étoient d'une seule pièce. Chez les libellules dont les ailes sont toujours étendues, on ne voit rien de semblable et tout l'appareil des petits muscles en est considérablement diminué.

Dans les coléoptères et même dans quelques hyménoptères, toutes ces pièces tiennent du côté interne à un ligament très-fort que j'appelle *ligament basilaire*; elles sont, ainsi que la base de l'aile, entourées de membranes souples et épaisses (*membranes circombasilaires*) permettant aux parties solides les mouvemens qui leur sont propres, en même temps qu'elles couvrent les parties vives.

Quelques membranes ligamenteuses de la partie postérieure de la base de l'aile de plusieurs insectes paroissent manifestement rétractiles, ou renfermer des tendons élastiques, ce que l'on reconnoît aux rides transversales dont elles se couvrent quand l'aile est pliée. Elles s'étendent lorsque l'aile s'ouvre, et se rétablissent quand elle se ferme, en se ridant en partie spontanément, car elles couvrent souvent de petits muscles, ou peut-être des ligamens élastiques, très-visibles chez les cigales et chez quelques lépidoptères.

La nervure rétractile qui se voit également à la partie postérieure de la base des ailes, côtoyant le dernier osselet de cette base et s'unissant au bord postérieur de l'aile, exerce à l'égard

des insectes, l'office du ligament élastique de la membrane interbrachiale de l'aile des oiseaux.

En général, les ailes des insectes ont au dessous de leur base des tubercules souvent considérables servant à les fixer dans le repos et à d'autres usages que nous indiquerons.

La valve basilaire ou radicale n'existe que dans les hyménoptères, où les ligamens qui unissent la base de l'aile au tronc seroient sans elle à découvert, car, dans cet ordre, l'articulation de l'aile au tronc est toute particulière et conforme à l'existence de cette pièce à recouvrement. Cependant, je lui crois d'autres usages que j'indique dans le chap. 4.

L'épaulette des lépidoptères n'a pas la même conformation et diffère aussi par quelques uns de ses usages.

Des élytres des coléoptères.

L'extrémité basilaire de chaque élytre porte une grosse apophyse, en forme de cou ou de manche, derrière laquelle se trouvent deux osselets radicaux; le dernier a quelques rapports avec l'ongulaire des hyménoptères. C'est par l'intermédiaire de ces pièces que l'élytre s'articule sur la clavicule scutellaire, au point de réunion de celle-ci et de l'écusson. Les muscles propres des élytres, tous très-grêles et placés sur les faces internes des parties latérales et supérieures du mésothorax, ouvrent et ferment ces élytres au moyen des osselets radicaux : plusieurs de ces muscles servent aussi d'auxiliaires dans le mouvement des élytres qui a rapport au vol.

Toutes les précautions ont été prises pour que les élytres ne se dérangent pas étant fermées; dans ce cas, le cou entre dans l'entaille qui est sur le sommet de la clavicule scutellaire, et le côté interne de leur base est reçu dans une espèce de

rainure pratiquée en dessous et de chaque côté de l'appendice, ou angle postérieur de l'écusson. Quant à leur participation au vol, elle ne peut être douteuse, quoique foible ; car l'écusson auquel elles tiennent étant lui-même fortement articulé avec les côtés écailleux du cou du dorsum, et étant entraîné dans tous les mouvemens de ce dernier (ou se haussant et s'abaissant avec lui), les communique aux parties internes de la base des élytres qui lui sont attachées, d'où s'ensuit l'abaissement et l'élévation alternatifs des parties externes coïncidant avec les mouvemens des ailes.

Dans les hannetons, chaque aile, en volant, paroît décrire un arc de plus de 200° cent., tandis que celui tracé dans le même temps par les élytres est peut-être au-dessous de 50° cent.

Le mouvement des élytres dans le vol paroît être proportionnel à la distance qui sépare ces élytres du foyer de la force motrice ; de plus il doit être borné en avant et en haut par le prothorax.

Les élytres des orthoptères sont mues, dans le vol, par leurs muscles propres et sans aucune influence étrangère.

Des muscles du vol.

Dans tous les insectes, les muscles du vol se distinguent de ceux des autres fonctions, par leur masse considérable, remplissant plus ou moins le tronc alifère, par leur longueur au moyen de laquelle ils peuvent fournir une grande étendue de contraction dont ils ont besoin pour condenser convenablement l'air intérieur et permettre ensuite sa dilatation ; par une couleur plus foncée tirant sur le rougeâtre ; par des faisceaux de fibres très-distinctes, fortes, longitudinales et

parallèles entre elles; par la direction uniforme de ces faisceaux qui, n'ayant aucune obliquité et tirant tous également dans le sens suivant lequel le mouvement doit se faire, ne perdent aucune partie de leurs forces. Ces muscles n'ont point de tendons qui pénètrent dans leur épaisseur et les terminent; en conséquence ils n'ont point de ventre. Leurs fibres s'insèrent, le plus souvent, immédiatement aux parties solides à mouvoir, ou au côté concave d'une sorte de petites cupules surmontées d'un tendon ayant la même direction que les faisceaux des fibres. Ils sont parfaitement indépendans les uns des autres et les ailes pourroient en être remuées séparément, ce qui arrive dans quelques espèces; mais le plus souvent, comme chaque paire d'ailes n'a qu'un dorsum par l'intermède duquel elle est mise en mouvement, il s'ensuit qu'après la mort récente d'un insecte, si l'une de ces ailes est remuée au moyen d'une action extérieure exercée sur elle, ce mouvement peut être communiqué au dorsum et par suite à l'aile opposée.

Les insectes dont le vol est puissant ont une organisation appropriée à cette faculté bien supérieure à l'organisation de ceux dont le vol est foible. Dans les premiers, l'intérieur du tronc est presque tout rempli par les muscles du vol; ceux des pattes mitoyennes et postérieures sont généralement petits et occupent peu de place; la partie du tube alimentaire qui les traverse est droite, grêle et ne paroît être qu'une continuation de l'œsophage; c'est le contraire chez les autres; ces muscles, dans quelques scarabés et sauterelles ont le tissu de leurs faisceaux très-lâche et ils laissent un grand vide au milieu de la poitrine dans laquelle le tube alimentaire s'élargit.

Quand tous ces muscles qui font bondir le tronc, ou qui le dépriment, sont ôtés, il ne reste plus sur les côtés de ce tronc que de très-petits muscles servant à étendre ou à replier les ailes et à leur donner le degré d'obliquité convenable dans le vol. Cependant les coléoptères, les orthoptères, les hyménoptères porte-scie et les lépidoptères présentent encore sur les côtés du tronc des muscles assez forts, auxiliaires de ceux du vol, parmi lesquels se trouvent quelques muscles des jambes.

En général, ces muscles ont à peu près la même disposition et la même forme; aucun (excepté chez les libellules), n'agit immédiatement sur les ailes; mais ils les meuvent par l'intermédiaire du dorsum et par d'autres leviers particuliers: quelques petits muscles servant aux mouvemens accessoires remplissent leurs fonctions en s'insérant aux membranes ligamenteuses de la partie axillaire des ailes.

Parmi les principaux de ces muscles, les uns occupent la région moyenne, supérieure et longitudinale du tronc; considérés par rapport à leur position, je les nomme *muscles dorsaux*, et par rapport à leurs fonctions les plus importantes, on peut les appeler *dilatateurs du tronc* ou abaisseurs des ailes. Leur direction est longitudinale; ils sont fort inclinés en avant et leur insertion supérieure a lieu sur la partie antérieure du tiers mitoyen et longitudinal de la voûte du dorsum; l'autre moitié de cette portion de voûte, ou du moins une partie, restant libre, excepté chez quelques hyménoptères, tels que les bourdons, les abeilles, etc., où cette insertion occupe toute l'étendue de la région moyenne du dorsum. Cependant chez les coléoptères, les criquets,

les fourmilions, etc., les fibres de ces muscles étant parallèles au sommet de la voûte du dorsum ne peuvent s'y attacher; en conséquence ils s'insèrent en avant au prædorsum. En arrière ces muscles sont attachés au costal dans tous les insectes (excepté les libellules); ne touchant ainsi nullement à la conque pectorale, ils agissent principalement sur le dorsum qu'ils haussent en le courbant d'avant en arrière et dont ils augmentent la largeur aux dépens de la longueur; par là, ils raccourcissent en même temps le tronc alifère dans le sens antéro-postérieur, l'élargissent et ajoutent à sa hauteur, ce qui sera expliqué. Ces muscles sont au nombre de deux seulement dans la plupart des insectes, se touchant par leurs faces internes et leur jonction se trouvant dans la ligne médiane et longitudinale du tronc. Leur action paroît s'exercer à peu près également sur leurs deux points d'attache.

Immédiatement au dessous de ces muscles, est le canal par où passe le tube alimentaire; ainsi leur disposition presque horizontale étoit nécessaire, non-seulement pour dilater le tronc et abaisser les ailes; mais encore pour protéger l'intestin qui ne peut être lésé par leur contraction.

Souvent les dorsaux ont des auxiliaires dans des muscles que je nomme *pectoraux* et qui se trouvent sur les côtés de la conque pectorale; les principaux sont en avant. Ils ne s'insèrent point au dorsum, mais à des parties écailleuses situées en avant et au dessous de la base des ailes.

Les autres muscles principaux qui sont les *constricteurs du tronc*, ou les releveurs des ailes, sont sur les côtés de ce tronc (muscles *sternali-dorsaux* et *costali-dorsaux*).

Les sternali-dorsaux sont inclinés en avant, mais moins

que les dorsaux; ils le sont aussi en dehors, excepté chez les criquets et les bourdons, s'attachant en bas à la portion sternale de la poitrine où ils se touchent dans beaucoup d'insectes et s'insérant en haut aux moitiés antérieures des parties latérales de la voûte du dorsum; s'écartant ainsi pour laisser entre eux les dorsaux, ils figurent un V incliné en avant dans le sens de sa largeur. Généralement leur insertion supérieure est allongée dans le sens longitudinal, tandis que leur attache inférieure est presque circulaire. Chez les abeilles, les bourdons et autres hyménoptères seuls, l'insertion supérieure occupe en entier les deux parties latérales du dorsum. Une telle disposition des sternali-dorsaux est très-propre à la dépression, au rétrécissement et à l'allongement du tronc alifère; c'est l'effet que doivent produire nécessairement des muscles qui tirent les parois du tronc et avec eux les appuis des ailes de dehors en dedans et de haut en bas. Leurs fibres les plus latérales agissant sur le dorsum par un long bras de levier, contribuent surtout au rétrécissement du tronc conjointement avec les ligamens élastiques dont nous avons déjà parlé.

Les *costali-dorsaux* n'existent pas dans tous les ordres; ils sont un peu plus inclinés en avant que les sternali-dorsaux; mais ils ne le sont point en dehors, vu qu'ils s'insèrent au dorsum et au costal à côté des dorsaux proprement dits.

Les muscles releveurs des ailes forment plusieurs portions distinctes dans les coléoptères, de même chez quelques hyménoptères porte-scie et chez les lépidoptères. Les diptères ont trois muscles releveurs bien séparés de chaque côté.

Chez plusieurs insectes (hémiptères, hyménoptères porte-

scie, lépidoptères), les ailes inférieures qui ont des releveurs particuliers n'ont point d'abaisseurs propres.

Il n'y a de vraie exception à cet arrangement général des muscles du vol que pour les libellules; mais elle est presque complète; là tous les muscles du vol ont une forme cylindrique et sont inclinés en arrière; les abaisseurs s'insérant aux ailes sont sur les côtés du tronc, à la partie sternale desquels ils s'attachent, et les releveurs occupent le milieu. Ainsi les muscles dorsaux des autres insectes n'existent point chez les libellules. Tous ces muscles s'insèrent en haut au côté concave d'une petite cupule écailleuse surmontée d'un tendon par l'intermédiaire duquel les abaisseurs s'attachent directement aux ailes (1), et tous sont environnés d'une pellicule noirâtre et de cellules aériennes arrangées symétriquement, que je n'ai vu à nul autre insecte.

Les libellules n'ont point de ces muscles qui ne servent qu'à déployer et à replier les ailes, attendu que ces dernières restent toujours étendues et sont unies intimement avec leur base respective de manière à ne former avec elle qu'une seule pièce.

Beaucoup d'insectes, parmi lesquels se distinguent les libellules, quelques hyménoptères et des papillons, présentent des muscles releveurs de l'abdomen assez puissans.

Les muscles des pattes doivent en partie la force qui nous étonne, aux étuis ou gaînes de matière cornée très-solide qui

---

(1) Que l'insertion musculaire ait lieu sur la surface concave d'une cupule, ou sur la surface saillante d'un tendon, il est clair que la nature aura atteint également son but, qui est d'augmenter les surfaces d'insertion en diminuant les espaces.

les renferment, attendu que ces muscles, dans leurs contractions, s'appuyant contre les parois de ces gaînes, en reçoivent un surcroît de vigueur.

Plusieurs muscles des deux dernières paires de jambes, muscles qui se trouvent dans le tronc mêlés avec ceux du vol et que M. Cuvier a fait connoître (Anat. comp., t. 1, p. 458), ne sont l'objet de quelques observations de ma part qu'autant qu'ils me paroissent servir d'auxiliaires à ceux des ailes.

Les fonctions des muscles du vol ne consistent pas seulement à mouvoir les ailes; mais afin d'obtenir de ce mouvement le résultat nécessaire, ces muscles doivent encore dilater le tronc et le resserrer tour-à-tour, et mettre en exercice l'élasticité des tégumens et de l'air intérieur.

Usages de l'air intérieur dans le vol.

Nous pouvons affirmer que la compression et la dilatation alternatives du tronc du corps, dans tous les volatiles, sont deux conditions sans lesquelles le vol ne pourroit s'effectuer; voyons s'ils sont organisés de manière à obtenir ces effets.

1°. Dans tous, l'air intérieur, plus abondant que chez les autres animaux (1), est destiné (outre son usage relatif à la respiration) à être tour à tour condensé et dilaté dans le vol, à faire hausser subitement la partie dorsale du tronc en se dilatant, et conjointement avec l'action musculaire, et à pénétrer avec force dans toutes les parties du corps où il balance la pression du fluide ambiant et garantit les viscères des effets des

---

(1) Les poumons des chauve-souris sont presque aussi étendus que ceux des oiseaux. (Obs. de M. de Blainville.)

grands mouvemens. Celui qui est poussé dans les os des ailes, dans les tuyaux et les tiges des pennes chez les oiseaux, et dans les nervures des ailes chez les insectes, affermit ces parties, les empêche de fléchir ou de se rompre et tend à les soulever (1).

2°. Tous peuvent empêcher la sortie de l'air intérieur par des moyens déjà observés à l'égard des oiseaux et des chauve-souris et que j'ai vu très-distinctement dans plusieurs insectes; entre autres, j'ai vu des valvules s'ouvrir et se fermer aux stigmates thorachiques des libellules, des mouches bleues de la viande, des syrphes, etc.

3°. Dans tous, la poitrine peut se resserrer et se dilater considérablement au moyen de la grande étendue de contraction dont sont susceptibles les principaux muscles du vol: les dilatateurs pouvant mouvoir en haut la *partie dorsale du tronc* indépendamment de la *pectorale*.

« La poitrine des insectes, a dit M. Cuvier (probablement en voyant la disposition des muscles qui la remplissent) » paroît susceptible de compression et de dilatation. » (Anat. Comp. tome 1, p. 449.)

D'un autre côté, M. Lorry, cité par Vicq-d'Azir, avoit remarqué que « si les muscles abdominaux des oiseaux sont » gênés dans leurs fonctions par un lien dont on entoure le » thorax dans sa partie postérieure, alors ils ne peuvent agir » pour rétrécir ou pour dilater les vésicules aériennes, et » l'oiseau ne peut voler. » (Je puis garantir ce fait pour

(1) Cet air est si bien condensé dans les os, qu'il peut éteindre une lumière en s'échappant rapidement par la rupture de l'humérus. (*Expérience de Bloch*, rapportée par Sömmerring.) Bloch a vu aussi que l'insufflation de l'air par la trachée artère soulevoit les humérus.

l'avoir vérifié avec succès, non-seulement sur des oiseaux, mais encore sur des insectes.)

Il est certain que les corps ont plus de capacité, ou de volume, étant ronds que lorsqu'ils viennent à être aplatis ou allongés par une cause quelconque ; or la dilatation du tronc du volatile et l'augmentation de sa capacité intérieure, principales causes de l'abaissement des ailes, s'opèrent par la diminution du diamètre longitudinal du tronc et l'accroissement du diamètre vertical et du diamètre transversal de la même partie, *tous perpendiculaires entre eux* ; le tronc se rapproche donc alors de la sphéricité et sa pesanteur spécifique est diminuée. Dans la compression, au contraire (circonstance donnant lieu à l'élévation des ailes et à l'augmentation de la pesanteur spécifique), le diamètre longitudinal du tronc augmente seul et ses deux autres diamètres diminuent ; conséquemment, cette partie s'éloigne de la forme ronde et perd de sa capacité. Ces deux états du tronc sont le résultat de la contraction alternative des muscles antagonistes considérés comme releveurs et abaisseurs des ailes.

Parmi le grand nombre d'expériences que j'ai faites pour connoître le mécanisme du vol des insectes, je rapporterai la suivante : prenons par les côtés, sans trop serrer, le tronc alifère d'un insecte quelconque nouvellement mort, et pressons ensuite sa partie dorsale de manière à la rapprocher de la pectorale, les ailes s'éleveront aussitôt, et comme on remplit par là, jusqu'à un certain point, les fonctions des muscles sternali-dorsaux, le diamètre antéro-postérieur du tronc se trouvera allongé seul et le diamètre vertical avec le transversal seront raccourcis ; la capacité du tronc sera ainsi

diminuée. Observons que dans cette expérience les parties latérales du tronc sont rapprochées ; que le dorsum s'allonge d'arrière en avant, par la diminution de sa courbure dans le sens longitudinal, et que la convexité du costal augmentant, sa partie médiane se porte en arrière.

Maintenant tâchons de remplacer l'action des muscles dorsaux, en pressant le tronc suivant la direction de ces muscles, c'est-à-dire d'avant en arrière; par là nous diminuerons seulement le diamètre longitudinal du tronc, mais les deux autres diamètres perpendiculaires à celui-ci seront augmentés, et avec eux la capacité de la poitrine : le dorsum s'élevera et les ailes s'abaisseront. Dans cette seconde expérience, le dorsum est courbé d'avant en arrière et la convexité de sa partie antérieure est diminuée de manière que son milieu se hausse et que ses côtés s'écartent; la convexité du costal étant aussi diminuée, ses extrémités s'éloignent en élargissant les côtés de la conque pectorale et en soulevant le podorsum.

Cette opération, dans laquelle on agit, autant qu'il est possible, sur les parties solides, comme agiroient les principaux muscles du vol, demande des soins, surtout à l'égard des insectes dont les tégumens sont très-flexibles, vu que ces tégumens ne sont pas alors soutenus par l'air intérieur, comme dans l'insecte vivant; mais elle est péremptoire, et j'ai réussi chez des insectes de tous les ordres.

On sent que dans l'état de vie où le corps est plein d'air, lorsque la capacité du tronc diminue, l'air qu'il renferme étant condensé, soutient les tégumens et il est en même temps refoulé dans les ailes qu'il renforce, et à l'élévation desquelles

il contribue. Quand, au contraire, cette capacité augmente, l'air en se dilatant tout à coup du côté libre pousse en haut avec une extrême rapidité les parties supérieures du corps, ce qui fait baisser les ailes avec une égale vitesse. Il est bon de faire remarquer, 1°. que la dilatation a toujours lieu du côté d'en haut, ou du côté opposé à l'appui extérieur qui est ici la résistance de l'air à l'abaissement des ailes; 2°. que l'air dégage du calorique dans le moment de sa condensation; or la chaleur qui en provient contribue à la dilatation qui a lieu ensuite.

On me permettra de citer quelques observations très-délicates faites par M. Jurine, de Genève, et rapportées dans l'introduction de sa nouvelle méthode de classer les hyménoptères. Selon ce savant, « dans l'état de repos les nervures » des ailes des hyménoptères (qui sont autant de trachées » aériennes susceptibles d'extension et de resserrement, » communiquant avec celles qui sont renfermées dans la » cavité thorachique) sont aplaties dans la partie qui répond » à la face inférieure de l'aile; mais qu'aussitôt que l'insecte » se dispose à voler, tout se gonfle, tout se tend; que les » tubes prennent alors une forme plus régulière; que l'expansion subite de l'aile au moment où l'insecte veut prendre » son vol est un problème que l'on ne peut résoudre que par » la prompte introduction d'un fluide subtil dans ses canaux. » Il ne doute pas, de même que dans les oiseaux, que l'air » ne passe rapidement du corps de l'insecte dans les nervures, » que ces nervures ne soient dilatées par ce moyen, jusque » dans leurs plus petites ramifications; que l'aile n'en soit » tendue exactement comme le seroit une voile par ses cor-

» dages et que ce ne soit une condition indispensable à l'exé-
» cution du vol dans les hyménoptères. »

S'il n'est pas facile de vérifier les observations de M. Jurine à cause de leur extrême délicatesse et faute de connoître ses procédés, on peut voir du moins avec facilité dans les gros insectes, le gonflement des membranes sous-axillaires et autres, situées à la racine de l'aile, coïncider parfaitement avec le resserrement de l'abdomen. D'ailleurs, les faits observés par M. Jurine peuvent se conclure par d'autres faits incontestables; il est sûr d'abord que « dans les insectes,
» c'est l'élément ambiant, l'air, qui se distribuant dans une
» infinité de canaux, va exercer son action sur tous les points
» de l'intérieur du corps » (Cuvier); que les nervures des ailes sont des canaux humides que parcourent des trachées aériennes communiquant librement avec celles de l'intérieur du tronc; ce dont il est facile de se convaincre en ouvrant ces canaux, et ce qui est prouvé d'ailleurs par la facilité avec laquelle l'air du dedans déploie les ailes encore chiffonnées de l'insecte qui vient de sortir de l'état de nymphe (voyez l'art. *Aile* par M. Latreille dans le Nouveau Dictionn. d'Hist. nat.; le Discours du même savant sur la Formation des ailes des insectes, et l'opinion de M. de Blainville sur le même sujet dans le bulletin de la Société Philomathique). En second lieu, il est également indubitable, j'en ai fait l'expérience, 1°. qu'un fluide élastique refoulé dans un tube peut, dans quelques cas, augmenter les moyens de résistance de ce tube et empêcher, jusqu'à un certain point, sa dépression, sans ajouter sensiblement à son poids; 2°. que le volume du corps de l'insecte diminue lorsque les ailes s'élèvent dans le vol, et

qu'il augmente quand elles s'abaissent; or dans le premier cas, l'air intérieur étant condensé, dégage un peu de calorique en même temps qu'il est refoulé dans les ailes dont il facilite l'élévation, tout en les rendant plus fermes, et dans le second, sa dilatation subite du côté d'en haut, concomitante de celle de la poitrine, doit contribuer à élever le corps à son tour. Ainsi les volatiles emploient l'air intérieur, comme les poissons, à augmenter l'élasticité de leur corps et à se mettre en équilibre avec le fluide ambiant; mais les volatiles s'en servent d'une manière plus active, et qui doit être en proportion avec la différence de densité existante entre l'eau et l'air.

Dans l'insecte parfait, de petites vésicules à parois très-minces (Anat. comp., t. 4, p. 439) sont souvent substituées aux trachées. De pareilles vésicules sont sans doute plus propres à remplir tous les vides, et à être comprimées et dilatées tour à tour, que les trachées (1); en se remplissant d'air, elles gonflent le corps de l'insecte, et celui-ci en resserrant toutes ses parties, surtout son abdomen, condense ce fluide et le fait pénétrer partout avec force. Il est probable que lorsque le tronc se resserre, il existe des valvules qui empêchent le fluide aérien de rentrer dans l'abdomen.

On ne peut guère douter, 1o. que l'abdomen de l'insecte ne soit son principal organe de la respiration et surtout de l'inspiration, en voyant la nature de ses stigmates, ses mou-

(1) Cependant les trachées étant formées par des membranes soutenues par un fil élastique roulé autour en spirale (Anatom. comp., t. 4, p. 437) doivent pouvoir être dilatées et ensuite se resserrer spontanément, et l'air exercer son action sur les parties humides, à travers les interstices des spirales.

vemens continuels de resserrement et de dilatation, et les espèces de réservoirs aériens sous la forme de vésicules souvent fort grandes qu'il renferme, et attendu que (excepté dans le vol) les diverses parties des tégumens du thorax n'ont aucun mouvement; 2°. qu'il n'introduise en se raccourcissant et en se resserrant, de l'air dans les trachées nombreuses et les vésicules aériennes qui se trouvent dans la poitrine, d'où il peut sortir par les stigmates thorachiques; c'est cet air introduit de la sorte, ou par d'autres moyens, qui est alternativement dilaté et comprimé, dans le vol. Cependant je crois que l'inspiration peut avoir lieu même par les stigmates thorachiques, dans quelques cas, tels que durant le vol, où, dans les diptères, par le mouvement des balanciers. A ce sujet, j'ai fait les remarques suivantes : 1°. Le hanneton qui a été manié avec peu de ménagement, d'où est résulté l'affaissement de la partie molle ou supérieure de son abdomen, avant de s'envoler, se gonfle et tend toutes ses parties par le refoulement de l'air dans l'intérieur de son corps, dans les nervures de ses ailes et même jusque dans ses antennes que l'on voit se déployer le plus possible. Ce besoin de s'enfler occasione un grand mouvement dans son abdomen dont le volume diminue et augmente alternativement; l'agitation continue de la sorte jusqu'à ce que les enfoncemens de la partie supérieure aient disparu, et quand tout est bien tendu, l'insecte s'envole. 2°. Les libellules mises en liberté, après avoir été quelque temps captives, s'enflent aussi avant de prendre leur essor; leur abdomen dont la partie inférieure porte des plis longitudinaux susceptibles de s'étendre et de se refermer, exécute des mouvemens semblables à

ceux d'un soufflet, leurs ailes s'agitent avec vitesse, à mesure que l'air y pénètre; peu à peu elles acquièrent l'élasticité et les forces convenables et s'élancent ensuite tout à coup.

Du bourdonnement.

Je crois le bourdonnement produit par le superflu de l'air intérieur s'échappant avec force des stigmates thorachiques, étant chassé en vertu de l'action des muscles constricteurs du tronc alifère et par le resserrement de l'abdomen, car l'air qui entre dans le corps lorsqu'il se dilate n'y est pas tout consommé; il doit y avoir des organes pour sa sortie et tous les stigmates ne me paroissent pas propres à cette dernière fonction, particulièrement ceux dont l'ouverture est au fond d'une petite cavité extérieure, comme sont les stigmates de l'abdomen. Plusieurs de ceux du tronc ayant au contraire leur ouverture particulière au centre d'une membrane convexe et tenant souvent à des pièces écailleuses entièrement libres, me paroissent être les vrais organes du bourdonnement: je les nomme *stigmates vocaux* ou *bouches vocales*. (Voyez sur ce sujet les observations très-intéressantes de M. le docteur Duméril, insérées dans le Dictionnaire des Sciences Naturelles, art. *Abeilles*.)

Ne peut-il pas en être de même dans les insectes comme dans les oiseaux dont plusieurs chantent durant le vol, tandis que d'autres, dans le même cas, gardent un silence continuel? En général ce bruit annonce par sa continuité, par la qualité du son, souvent fort grave chez certains coléoptères et hyménoptères, qu'il est formé en grande partie par l'air

intérieur se brisant à sa sortie contre des lames vibrantes : jamais les ailes, quelque rapides que soient leurs mouvemens, ne pourroient le causer seules ; elles peuvent seulement le modifier par le mélange du son particulier qu'elles produisent, ou en prenant part aux ébranlemens occasionés par les vibrations des stigmates vocaux. D'ailleurs un fait qui me paroît sans réplique, c'est que lorsque le tronc s'élance en haut (et c'est le mouvement le plus rapide de l'insecte) en s'appuyant sur l'air par l'intermédiaire des ailes, lui seul se meut pour ainsi dire, et doit engendrer, lui et non les ailes, un son dont l'intensité est proportionnelle à la rapidité de son mouvement dans l'air, mais qui ne doit avoir aucun rapport avec le bourdonnement. Tout prouve que dans les hyménoptères et les coléoptères, le son passe, avant de se répandre au dehors, dans une cavité qui est en deçà des bouches vocales. Cependant je suis loin, comme on vient de le voir, de nier l'existence d'un certain son que le mouvement alternatif du tronc et des ailes doit produire dans le vol ; mais ce bruit, comme on peut l'observer dans les oiseaux et dans les libellules qui volent très-vite, n'a rien qui ressemble au bourdonnement.

Remarquons d'abord que les coléoptères, les hyménoptères et les diptères qui bourdonnent ont dans l'abdomen de grandes vésicules aériennes capables de fournir l'air intérieur nécessaire (voy. les Mémoires de Réaumur, qui regarde les vésicules des deux derniers ordres comme des poumons ; l'Anatomie comparée, t. 4, p. 439 ; les mots *bourdonnement, criquet, sphinx*, etc. du Nouveau Dictionnaire d'Histoire naturelle, par M. Latreille ; le Discours

du même savant sur la Formation des ailes des insectes, et un Mémoire de M. Léon Dufour inséré dans le Journal de Physique de septembre 1818).

Plusieurs auteurs qui regardent les vibrations des ailes comme la cause unique du bourdonnement, se fondent principalement sur ce que le bruit diminue au fur et à mesure que l'on raccourcit ces ailes. Je pense que cette diminution du son doit être aussi attribuée, dans ce cas, à ce que les tubes des nervures des ailes s'aggrandissant en s'approchant du tronc, et une partie de l'air intérieur pouvant s'échapper par là, ce fluide ne se porte plus avec la même abondance aux bouches vocales.

Ayant collé ensemble les deux ailes d'une mouche bleue de la viande, elle n'en a pas moins continué de former des sons peu différens de son bourdonnement ordinaire : alors j'ai cherché à connoître la cause ainsi que le siége de ce bourdonnement, et je crois avoir trouvé l'une et l'autre dans la sortie de l'air intérieur par les stigmates thorachiques, surtout par ceux placés derrière et au-dessous de la base des ailes et un peu au devant des balanciers. Ces derniers stigmates ont cela de particulier qu'ils sont couverts par plusieurs petites écailles de la couleur des tégumens et à recouvrement les unes sur les autres, en sorte qu'ils ne sont pas faciles à trouver, quoique très-grands. Ces écailles propres à donner de l'étendue et de la continuité au son par leurs vibrations particulières ou par leur résonnance, étant enlevées avec précaution, l'insecte peut encore voler, mais on l'entend à peine ; en dessous, on voit une membrane blanche, fendue, convexe en dehors qui, à chaque fois que les ailes s'agitent,

s'ouvre démesurément et laisse voir une grande cavité. Au commencement de l'hiver, je pense que cette mouche qui alors vole mollement, absorbe moins d'air que sous une douce température, que la fente de la membrane vibrante du stigmate et les écailles qui la couvrent, n'étant point sollicitées par une quantité d'air suffisante, vibrent peu, et que c'est ce qui fait que le vol s'exécute, dans ce cas, presque sans bruit.

Dans les syrphes que j'ai examinés, l'intérieur des deux stigmates situés au devant du tronc et des stigmates postérieurs placés derrière les ailes consiste en une grande cavité; l'ouverture est à l'extérieur bordée de poils courts, régulièrement frisés et serrés les uns contre les autres, couvrant une membrane susceptible de s'ouvrir et de se fermer; mais je n'ai pu faire à cet égard, sur ces insectes, sur les taons et les asiles que des recherches incomplètes, faute d'individus frais assez grands.

Chez les hannetons, le bourdonnement est, selon moi, produit dans un appareil aérien considérable (le seul, je pense, de tous ceux de l'insecte qui soit convexe extérieurement), situé au devant et au dessous de la base de l'appui de chaque aile, entre les deux segmens alaires, tenant à l'un et à l'autre, particulièrement à la partie antérieure du dorsum, et caché par un appendice du bord postérieur des clavicules scutellaires, saillant en arrière et se recourbant en dessus en forme de toit que je nomme *opercule*. Cet appareil est composé de membranes ligamenteuses, blanches, souples et nues; sa fente, figurant une espèce de bouche ou de glotte, placée sur le milieu de la partie convexe, est fort grande, trans-

versale et arquée elle-même suivant sa longueur, ayant ses extrémités appuyées d'une part à la base de l'appui de l'aile, et de l'autre à la clavicule scutellaire; ses lèvres se touchant dans le repos, sont minces; leurs bords écailleux, propres à soutenir l'appareil, et que l'on peut considérer comme des rubans vocaux, se distinguent des membranes par une couleur foncée; ils sont lisses et fermes quoique déliés, l'antérieur recouvrant l'autre de manière à résister, à raison de sa convexité et de sa fermeté, à la pression du fluide ambiant et à céder facilement à l'impulsion de l'air intérieur, tous les deux paroissant susceptibles de vibrer.

Je ne puis dire si cet appareil est tendu par de petits muscles, ou par des ligamens élastiques, que j'ai cru apercevoir; mais il doit l'être sûrement par une sorte de ressort écailleux, tenant à la partie antérieure de la plaque fulcrale, lorsque les deux segmens alaires s'éloignent l'un de l'autre dans l'élévation des ailes; circonstance où l'air provenant de l'abdomen et se portant sur la paroi interne de l'appareil par de grandes vésicules aériennes existantes entre les muscles du tronc et les tégumens, entr'ouvre la fente et fait vibrer ses bords.

L'entrée de la cavité extérieure qui s'agrandit dans l'élévation des ailes et qui n'est autre chose que l'espace compris entre l'opercule et le dorsum du segment postérieur, est bordée de poils épais et longs, propres à empêcher les corps étrangers d'arriver sur l'appareil. Ces poils et la paroi en forme de portion de voûte de l'opercule doivent aussi modifier le son, le rendre plus grave et le prolonger.

M. Léon Dufour place l'organe du bourdonnement de

quelques hyménoptères dans les stigmates thorachiques situés un de chaque côté derrière l'insertion des ailes (Mémoire cité), ce que je suis loin de contester; mais je pense que dans les bourdons, les abeilles, les guêpes, les sirex géans, etc., le bourdonnement résulte aussi de la sortie de l'air intérieur de deux appareils aériens, moitié membraneux et moitié écailleux, situés sur les côtés de la partie antérieure et supérieure de la conque pectorale, et recouverts par des opercules qui font partie du bord postérieur du collier et très-propres, en prenant part aux vibrations, à augmenter la durée et l'étendue du son; chez les bourdons, l'opercule et ses bords sont tellement couverts de poils épais et fins, qu'il est difficile de les apercevoir.

Ces appareils sont convexes à l'extérieur; on y voit une petite valve écailleuse en forme de calotte blanchâtre, qui, en se soulevant, laisse voir une fente figurant une glotte dont les bords peuvent vibrer et où aboutit une très-grosse trachée aussi apparente dans les sirex que dans les bourdons. La forme convexe de cet appareil et la fermeté de la valve étoient nécessaires pour résister à la pression de l'air extérieur, quoique cette valve soit très-bien disposée pour céder à la moindre impulsion du fluide intérieur. On y découvre aussi, du côté externe, une partie qui semble tenir de la nature du cartilage et qui peut-être fait l'office de ressort.

Indépendamment de l'action de ses muscles propres, ou ligamens élastiques, qui, je crois, existent, la membrane vibrante tenant au collier et à la conque pectorale, doit être tendue naturellement quand ces deux parties s'éloignent l'une de l'autre dans l'élévation des ailes. En outre, l'air

comprimé en cet endroit plus qu'ailleurs (puisque, lorsque les ailes s'élèvent, c'est la partie antérieure du dorsum qui s'abaisse le plus en se portant en avant), et dirigé vers l'appareil, doit contribuer à la tension de cette membrane, entr'ouvrir la fente et faire vibrer ses bords en se brisant contre eux; frappant ensuite contre les parois internes et concaves des opercules et contre leurs bords villeux, il imprime par là au son le caractère qui lui est propre.

Dans cette circonstance, les opercules se trouvant éloignés de leur situation de repos, permettent au son de se propager à l'extérieur.

Les quatre stigmates du tronc alifère des libellules, dont les deux antérieurs sont fort grands, ne tiennent extérieurement à aucune partie libre membraneuse ou écailleuse; ils sont entièrement à découvert; les bords de leurs ouvertures font partie des tégumens et sont immobiles, seulement on voit en dedans le clignotement d'une valvule s'ouvrant pour permettre à l'air de sortir, ou se fermant pour l'en empêcher.

J'ai reconnu sur les criquets l'exactitude des observations de Réaumur et de M. Olivier, relativement à l'organe du chant de ces insectes qu'ils placent dans deux ouvertures ovales existantes sur les côtés des prolongemens écailleux du métathorax près de l'origine du ventre, au fond desquelles est une membrane tendue, percée d'un trou aussi ovale pour la sortie de l'air. (Voyez le mot Criquet, par M. Latreille dans le Nouveau Dictionnaire d'Histoire Naturelle.) Il paroît par le mouvement des cuisses postérieures de ces insectes, et par celui de leurs élytres, durant le chant, que l'action d'un ou

de plusieurs muscles des cuisses et du vol est nécessaire à la sortie de l'air et à la tension des membranes vibrantes, car il est difficile de croire que le simple frottement des jambes contre des élytres qui ne peuvent jamais être bien tendues, puisse produire un son aussi aigu que celui que ces insectes font entendre de très-loin. D'ailleurs, les épines de leurs jambes seroient bien plus propres à déchirer les élytres qu'à les faire vibrer; mais je crois que les élytres peuvent modifier le son et participer en même temps aux vibrations des membranes et des tégumens. Cependant n'ayant pu examiner cet organe musical dans des insectes frais et d'une grande taille, je ne puis présenter sur ce sujet rien de bien positif.

J'ai aussi examiné l'organe du chant des cigales, que M. Latreille décrit dans le même Dictionnaire et dont il parle encore dans son Discours sur la Formation des ailes des insectes, p. 12. Il est contenu dans un anneau particulier très-fort situé entre le métathorax et l'abdomen. Considéré à l'extérieur, il semble faire partie de l'abdomen avec lequel il est fortement uni, tandis qu'il ne tient au thorax que par des membranes ligamenteuses assez lâches. Cet anneau paroît être d'une seule pièce; sa structure est assez compliquée, surtout en dessous où sont des lames vibrantes, trois de chaque côté, dont les unes sont membraneuses et les autres de la nature de l'écaille; les deux du fond, ou plutôt les postérieures, les seules qui soient membraneuses, sont remarquables par leur transparence, leur finesse, et en ce qu'elles paroissent susceptibles d'être tendues; les deux antérieures et inférieures sont striées transversalement et présentent deux parties, une inférieure qui est triangulaire

et bombée, et une latérale qui est rentrante; et enfin les deux lames latérales sont ovales, plissées irrégulièrement et font partie des cavités latérales situées aux deux côtés de la base de l'abdomen. Aucun muscle ne s'y insère, si ce n'est, peut-être, les muscles dont nous allons parler, qui s'attacheroient tout-à-fait à la partie inférieure des lames striées.

Les deux muscles très-forts provocateurs du chant sont renfermés dans cet anneau; ils se touchent en bas où ils s'attachent aux deux côtés d'une crète sternale interne et longitudinale, très-saillante, située sur le milieu de la partie inférieure de l'anneau, entre les deux lames striées; il est probable que ces muscles s'attachent aussi à la partie contiguë des lames. En haut, ces deux muscles s'écartent considérablement l'un de l'autre pour s'insérer chacun de son côté à une écaille ronde, fixée par des ligamens à une forte nervure figurant un arc et fortifiant la voûte formée par la partie supérieure de l'anneau. Ces muscles doivent rapprocher les unes des autres les parties latérales de l'anneau et par là diminuer sa capacité; ils doivent aussi tendre les lames écailleuses et membraneuses conjointement avec l'air intérieur.

Les stigmates par où l'air s'échappe sont placés sur les côtés de la partie inférieure et postérieure de la poitrine, à l'origine des opercules, et sont pratiqués dans la base d'une espèce d'arc écailleux auquel s'attache la partie supérieure de l'anneau du chant et qui s'élève perpendiculairement aux extrémités d'une plaque servant pour l'attache de la partie inférieure de l'anneau, et située transversalement sur la suture qui unit la portion sternale de la conque pectorale aux

opercules. Ces stigmates, dont les bords sont de la sorte très-solides et qui tiennent à la poitrine, sont recouverts par les parties latérales des opercules et surtout par les parois externes des cavités qui se voient des deux côtés de l'anneau musical et dans lesquelles le son se modifie. L'ouverture de chaque stigmate est en partie fermée par des rubans ligamenteux qui y forment une espèce de glotte et sont susceptibles de vibrer. Les lames tant plissées que tendues étant en contact avec les stigmates vocaux, partagent leurs vibrations et sont propres par là à renforcer et à prolonger le son et à le rendre plus éclatant et plus continu.

Réaumur ne parle point de l'action de l'air intérieur ni des stigmates thorachiques par où il doit sortir. Cependant, le son ne pourroit être formé et surtout se propager au dehors avec éclat si tout étoit fermé.

Il est possible qu'il sorte de l'air de plusieurs *stigmates des sphinx atropos*; j'avois d'abord pensé que leur stridulation n'avoit lieu que par le moyen du fluide qui doit s'échapper des stigmates thorachiques fort grands qui se voyent entre les deux segmens alaires, dans les membranes assez lâches servant à les unir, où des muscles puissans peuvent comprimer le tronc et où des parties écailleuses peuvent renforcer le son et lui donner de la continuité; mais les observations de M. Lorey qui, ayant vu un plus grand nombre de ces insectes que moi, place l'organe de ce bruit dans des stigmates situés aux deux côtés de la base de l'abdomen, me font douter de la justesse de mon premier aperçu. Les stigmates du tronc, qui tous doivent être vocaux, ne seroient alors que les organes du bourdonnement. Je

désire de me trouver un jour à la portée de vérifier toutes ces choses : car les tégumens de l'abdomen de ces insectes ont généralement peu de fermeté, et les muscles qui relèvent ou abaissent cette partie, qui la meuvent à droite ou à gauche, sont même plus foibles à proportion que chez les papillons ; d'ailleurs l'abdomen me paroît être l'organe spécial de l'inspiration, et ne pourroit-il pas se faire que dans le resserrement de cette partie, il s'échappe assez de fluide des stigmates indiqués par M. Lorey pour mouvoir les poils qui les couvrent.

(Voyez l'article Sphinx, par M. Latreille, dans le Nouveau Dictionnaire d'Histoire naturelle.)

De la résistance de l'air ambiant dans le vol.

La résistance d'un fluide aux mouvemens des parties du corps animal est proportionnelle aux masses de ces parties, à l'étendue de leurs surfaces, à leurs formes et à leurs vitesses.

Cette résistance du fluide est très-grande à l'égard de la partie dont la pesanteur spécifique approche le plus de la sienne, ou qui a une forme propre à le retenir et une surface d'une étendue considérable à proportion de sa masse.

Il en est de même d'un corps de densité uniforme, mais dont une partie ayant moins de volume que l'autre, présente au fluide plus de surface à proportion de sa masse.

(V. les exp. de Newton et de Désaguiliers.)

Ainsi, d'après les lois que nous venons d'exposer, chez les animaux, ce sont les parties les plus pesantes de leur tronc ou de leurs membres qui, dans la nage ou dans le vol, pou-

vant surmonter plus facilement la résistance des fluides, se portent les premières en avant, et ce sont les parties les plus légères ou qui présentent de plus grandes surfaces à proportion de leur masse, qui servent à prendre le point d'appui dans ces fluides.

Le volatile ne perd de son poids dans l'atmosphère que dans la proportion de sa densité avec celle du fluide aérien, mais il parvient facilement, au moyen de la grande différence qui existe entre les masses et les surfaces de son corps et de ses ailes et par la rapidité de ses mouvemens, non-seulement à balancer l'excédant de son poids sur celui de l'air, mais encore à se procurer une force centrifuge ascendante assez intense pour l'emporter dans la direction qu'il veut suivre.

Les effets de la résistance de l'air sur l'aile augmentent comme la progression de la légèreté de celle-ci, en allant de sa base à son extrémité et d'avant en arrière, en sorte que le bord antérieur, comme étant la partie la plus ferme et la plus pesante est celle qui descend le plus bas dans l'abaissement des ailes, ou qui se porte la première en haut et en avant lors de leur élévation. Mais le coup d'aile, ou le mouvement qui en élevant le tronc donne aux ailes l'apparence de descendre, doit être prompt pour ne pas laisser au fluide le temps de fuir.

Lorsque l'aile développée et portée en haut et en avant, reçoit des muscles une impulsion forte et soudaine, dirigée de haut en bas et d'avant en arrière, qui tend à lui imprimer dans l'air une vitesse supérieure à celle qui lui seroit naturelle si elle tomboit librement dans ce fluide, suivant la position qu'elle a lorsqu'elle s'abaisse et de manière à retenir,

entre les barbes de ses pennes, ou par le moyen de ses plis, la plus grande quantité possible de fluide, il arrive que le mouvement qui dans le vide auroit lieu de haut en bas, autour de l'articulation de l'épaule, de manière à rendre mobiles les extrémités des pennes, changeant de direction par la résistance de l'air, s'opère en grande partie de bas en haut du côté de la base de l'aile et dans le tronc du corps qui, présentant moins de surface à proportion de sa masse, est plus en état de lutter contre le fluide ambiant et d'être la partie mobile. Les extrémités des ailes, dans ce cas, servent à prendre le point d'appui extérieur et deviennent centres de mouvement.

Lors de l'élévation des ailes, l'air ne fait que glisser sur leurs deux surfaces inférieure et supérieure sans s'y arrêter; leur mouvement, dans ce cas, bien loin d'être éteint par la résistance du fluide, comme lorsqu'elles tendent à s'abaisser, est, au contraire, plus prompt que celui dont le tronc reste encore pourvu; parce que leur masse et leur vitesse étant les mêmes que dans leur abaissement, elles ne présentent plus à l'air que leur bord antérieur qui, étant mince et ferme, et, de plus, leur partie la plus pesante, pénètre facilement dans ce fluide, produisant une force centrifuge proportionnelle à la masse des ailes et à l'exiguité des surfaces qu'elles présentent à l'air dans ce cas (1), force centrifuge qui contribue, avec celle qu'engendre l'abdomen

(1) La force centrifuge, à l'égard des corps qui se meuvent dans les fluides, est proportionnelle aux masses, aux surfaces et à la distance du centre de mouvement.

Dans l'animal, elle est produite par le mouvement angulaire des parties autour de leurs articulations respectives.

dans le même temps, à soutenir le tronc au milieu de l'atmosphère.

Les extrémités des pennes dans les oiseaux étant alors tournées en arrière sont entraînées à la suite; par conséquent, elles ne peuvent être un obstacle à la production de la force centrifuge ascendante.

Quant à l'appui que doit trouver le tronc au point où il vient de s'élancer, dans l'abaissement des ailes, afin d'en servir lui-même à l'élévation de ces mêmes ailes, il le reçoit de la force centrifuge qui continue de l'animer et de la résistance de l'air à son mouvement rapide, résistance qui se fait particulièrement sentir au devant et au dessous du volatile et qui augmente proportionnellement au carré de la vitesse du vol. En effet, le volatile ayant toujours l'avant de son corps plus ou moins relevé au dessus de la ligne de niveau, même quand il vole horizontalement (vu que son centre de gravité est au dessous et un peu en arrière de l'attache des ailes), le milieu en le frappant, ou le pressant obliquement en dessous de l'avant à l'arrière, devient pour lui un point d'appui solide dans l'atmosphère. Ainsi, lorsque le tronc s'élève, les parties les plus pesantes des ailes, celles qui peuvent vaincre la résistance de l'air, sont tournées du côté d'en haut et montent les premières avec le tronc, et les extrémités, ou les parties les plus légères, servent d'abord à prendre le point d'appui et de centre de mouvement, et sont ensuite emportées par les premières. Lors de l'élévation de ces mêmes ailes, ce sont aussi les parties les plus fermes de leurs extrémités qui se présentent les premières pour fendre l'air; car, dans les oiseaux, par exemple, les extrémités de toutes

les pennes sont alors plus ou moins tournées en arrière et entraînées par les parties les plus solides et les plus pesantes qu'anime la force centrifuge.

Des principales conditions du vol.

Pour que le vol soit possible, et que le volatile trouve dans l'air le point d'appui dont il a besoin, voici quels doivent être les principaux traits de sa conformation : 1°. il faut qu'il y ait une grande différence dans les masses et les surfaces du corps et des ailes; qu'une différence semblable existe aussi entre les parties antérieures et les parties postérieures soit des ailes, soit du tronc, car l'air ayant moins d'influence sur les premières que sur les dernières, le vol en devient d'une direction plus facile : on sent que si cette différence n'existoit pas, si la tête et la partie antérieure du tronc n'avoient pas plus de masse et, par conséquent, plus de force que la queue dans l'oiseau, y compris même son abdomen; si, de plus, les organes du vol n'étoient point placés sur ces parties antérieures et n'avoient point eux-mêmes leurs parties les plus pesantes en avant, l'animal seroit maîtrisé par les courans aériens et ne pourroit pas se diriger en ligne directe; 2°. il faut qu'il soit en état d'exécuter ses mouvemens avec une grande vivacité pour que, d'une part, le fluide atmosphérique ne puisse lui échapper, et de l'autre, pour engendrer une force centrifuge d'une intensité suffisante; en conséquence, il doit être pourvu de substances très-élastiques et de muscles puissans capables d'en exciter le ressort, surtout lors de la compression du tronc, où leur contraction doit être considérable, à l'effet d'obtenir une condensation suffi-

sante de l'air intérieur, et de mouvoir avec une extrême vitesse, d'abord en haut et en avant, le tronc du corps partant de l'appui pris par les ailes au milieu de l'air, et ensuite opérer également en haut et en avant le transport de ces mêmes ailes, s'appuyant à leur tour sur le tronc pendant qu'il est emporté par la force centrifuge, suite de son propre élan, et soutenu de plus par la résistance du fluide ambiant. Ce mouvement des ailes doit être d'une assez grande rapidité pour que la force centrifuge ascendante, produite aussi en elles dans ce cas, proportionnellement à leur masse et à la surface contre laquelle s'exerce la résistance de l'air, entretienne, sinon le mouvement ascendant du tronc dont nous venons de parler, du moins s'oppose à l'abaissement de ce tronc autant qu'il est nécessaire ; 3o. et enfin, le centre de mouvement et la force centrifuge étant alternativement aux extrémités des pennes des ailes et au centre de gravité, et la force centrifuge étant proportionnelle aux masses et à la distance du centre de mouvement, il s'ensuit que bien que de grandes et fortes ailes se meuvent plus lentement que des petites, cependant les premières produisant une force centrifuge ascendante plus intense, le vol devient aussi par là plus rapide.

Parallèle entre plusieurs organes du vol chez les oiseaux et les insectes.

Chez les oiseaux et les insectes, animaux si différens par leurs formes, on trouve néanmoins quelques rapprochemens assez naturels, soit dans la figure et quelques autres attributs des principaux organes du vol, soit dans le mode d'exécution

de ce mouvement, soit dans les fonctions les plus essentielles des muscles. Nous allons tâcher de faire connoître les analogies et les dissemblances les plus frappantes. 1°. Dans les oiseaux et chez la plupart des insectes, les ailes ont à peu près la même forme et sont attachées sur les parties supérieures des côtés du tronc, plus ou moins en avant, et de manière que le corps puisse avoir dans le vol une position voisine de l'horizontalité. 2°. Les uns et les autres portent à leurs ailes des ligamens ou des nervures rétractiles, propres à faciliter le retour des ailes à leur état de repos, avec cette différence que dans les oiseaux le ligament élastique est dans le bord antérieur de l'aile, tandis que chez les insectes, la partie analogue tient au bord postérieur. 3°. Nous avons déjà vu que chez tous les volatiles l'air intérieur a une distribution et des usages particuliers. 4°. Le cou et le ventre, y compris la queue chez l'oiseau, le prothorax et l'abdomen chez l'insecte, prennent plus ou moins de part au vol, soit en se portant en bas, à droite ou à gauche, soit, surtout, en haussant subitement, quoique d'une quantité peu sensible, leurs extrémités libres, lors de l'élévation des ailes, et produisant par là un certain degré de force centrifuge ascendante. 5°. Chez les oiseaux, la principale matière élastique est intérieure et réside dans les os ou les entoure; chez les insectes, elle est tout-à-fait extérieure et tient lieu de derme : ces différences en occasionnent d'autres nécessairement, d'abord dans la position des muscles du vol, lesquels, chez les oiseaux, sont attachés sur la face extérieure de la cavité pectorale, tandis que chez les insectes ces mêmes muscles sont fixés à la face intérieure de cette cavité, et

attachée latéralement par de simples membranes qui lui permettent de s'abaisser et de se raccourcir dans l'expiration, et de se hausser en s'étendant dans l'inspiration, de manière à diminuer et à dilater alternativement l'abdomen.

La face inférieure de l'abdomen de plusieurs coléoptères se termine en avant par une pointe qui, en s'appuyant avec vitesse contre le thorax dans le vol, borne non-seulement le mouvement de l'abdomen du côté d'en bas et modère son influence, mais encore peut contribuer, selon moi, à pousser le thorax en avant, en décomposant la force produite par l'accélération de la chute.

Chez les libellules, les papillons, les sphinx et plusieurs diptères, la face inférieure de l'abdomen, où l'on voit de grands plis longitudinaux susceptibles de s'étendre et de se fermer, est souple, excepté près du thorax.

Beaucoup d'autres insectes, dont les portions d'anneaux de l'abdomen entrent les unes dans les autres, n'étant unies entre elles que par des membranes lâches, ont par ce moyen la faculté d'étendre et de raccourcir cette partie de leur corps en faisant sortir ou rentrer ces portions d'anneaux.

Dans les insectes où l'abdomen est plus ou moins pédiculé (tels que chez plusieurs hyménoptères, quelques diptères, et même chez les grandes libellules nommées æshnes), l'articulation de cette partie avec le thorax étant beaucoup plus près de la face inférieure que de la supérieure, et l'attache des muscles releveurs étant voisine de cette articulation, il s'ensuit que la moindre contraction de ces muscles occasionne, du côté d'en haut, un grand mouvement de l'abdomen, surtout à son extrémité et à sa partie supérieure; conséquem-

ment il se produit par là une force centrifuge ascendante qui peut avoir beaucoup d'intensité.

Les insectes chez qui l'abdomen est très-mobile en tous sens (les papillons, plusieurs espèces de libellules et quelques hyménoptères) ont pour releveurs de cette partie des muscles très-forts, s'attachant à des bras de leviers plus loin du centre de mouvement que les abaisseurs.

Dans les papillons, insectes qui ont particulièrement servi à mes dernières observations, on voit facilement que l'abdomen vibre en haut dans le vol en même temps que le thorax monte et que les ailes s'abaissent, et qu'il descend lorsque les ailes se portent en haut; cela doit être ainsi : d'abord les ailes postérieures, dont le bord interne passe sous le ventre, tendent en s'abaissant à projeter celui-ci en haut; ensuite, si l'abdomen s'abaissoit lorsque le tronc s'élève, comme je l'ai avancé ailleurs faute d'un examen suffisant, ce mouvement de l'abdomen en bas contrebalanceroit et même détruiroit le mouvement ascendant du tronc; en troisième lieu, si dans les papillons le ventre, dont le mouvement dans le vol est très-considérable, s'élevoit en même temps que les ailes, il pourroit être choqué par elles.

J'ai encore avancé dans mon Introduction que l'abdomen fournissoit de l'air au tronc en s'élevant en même temps que les ailes, circonstance où le thorax tend à descendre et où sa capacité se trouve diminuée; mes nouvelles observations, faites avec un soin extrême, m'ont convaincu au contraire, que l'abdomen doit perdre de son volume lorsqu'il s'élance en haut, et qu'une partie de l'air qu'il renferme passe dans le thorax au moment où celui-ci, en se dilatant, s'élève et en

même temps que les ailes s'abaissent. D'ailleurs le raisonnement vient ici au secours de l'observation toujours très-difficile à faire : il est plus naturel de croire que l'air de l'abdomen pénètre dans le tronc au moment de la dilatation de ce tronc, que lorsque ce dernier est resserré et que le fluide aérien intérieur s'y trouve condensé. Ainsi, quand le thorax se dilate, l'abdomen, en se resserrant ou en se raccourcissant, y pousse de l'air qui, se trouvant alors très-abondant dans le tronc, en étend toutes les parties; et lorsque la capacité de ce même tronc vient à diminuer, une partie de cet air se porte principalement dans les ailes, auxquelles il procure par là une élévation facile et une grande force centrifuge ascendante; par ce moyen, la force qui resserre le tronc tourne encore au profit du vol. Dans cette dernière circonstance, l'abdomen en s'abaissant se dilate, admet de nouvel air, et sa pesanteur spécifique diminue (1).

CHAPITRE II.

AYANT disséqué et dessiné avec un soin particulier les troncs alifères du hanneton, de la libellule et du bourdon, c'est par eux que nous allons commencer nos descriptions; nous reviendrons ensuite aux insectes des autres ordres; mais ce que nous aurons dit des premiers nous dispensera de traiter les derniers avec les mêmes détails.

(1) Chez les oiseaux, l'abdomen se resserre aussi et monte avec le thorax dans l'abaissement des ailes; et lors de l'élévation de celles-ci il descend; mais alors il se dilate et il est de plus soutenu par la queue.

Des Coléoptères. (Planches 1, 2, 3 et 4.)

Du hanneton. — Parmi les coléoptères nous avons choisi pour type le hanneton, comme étant très-commun, suffisamment gros, volant assez bien, et comme ayant des tégumens assez fermes et élastiques; mais nous n'avons négligé aucune occasion de le comparer à d'autres insectes du même ordre, tels que le scarabée monocéros, la cétoine, la lucane, le bupreste, le capricorne, etc.

Dans la description que nous allons en faire, il sera fait mention en même temps de plusieurs petits muscles ou ligamens élastiques, dont l'influence sur le vol n'est qu'indirecte. Par exemple, quoiqu'il soit évident que les parties solides, après avoir été courbées ou pliées plus ou moins dans le vol, doivent revenir à leur premier état, soit par leur propre ressort, soit par la dilatation de l'air intérieur qui a été comprimé; néanmoins il existe de petits muscles ou ligamens élastiques, auxquels on ne peut guère assigner d'autres usages que celui de contribuer au rétablissement de ces parties solides; ce sont ces muscles ou ligamens élastiques, et d'autres analogues que nous indiquerons lorsque nous le jugerons utile (1).

Le *prothorax*, grand et fort, renferme les muscles assez puissans des jambes antérieures, et sert avec la tête, dans le vol, de contrepoids à l'abdomen et à la partie du thorax

---

(1) J'ai déjà parlé d'un fait que je puis garantir pour l'avoir vu fréquemment, c'est que, dans les insectes ailés, les ligamens élastiques sont blanchâtres, et se distinguent des muscles seulement en ce qu'on n'y découvre point de faisceaux de fibres comme dans les muscles du vol.

située derrière les ailes; il ne doit d'ailleurs contribuer à ce mouvement progressif que par la force centrifuge qu'il peut se procurer par ses vibrations ascendantes. Il est uni d'une manière lâche au mésothorax, par de fortes membranes couvrant plusieurs muscles attachés aux deux segmens, et propres à les mouvoir l'un sur l'autre. Le bord postérieur de sa partie dorsale est saillant en arrière où il couvre une grande partie de l'écusson.

Le *tronc alifère* ressemble beaucoup, dans toutes ses parties, à celui des scarabées monocéros; mais il est beaucoup mieux organisé pour le vol : sa partie supérieure est plus avancée que l'inférieure, et celle-ci est carénée; d'où résulte, sur sa quille, une inclinaison générale en avant et en dehors de toutes les pièces qui le composent. Une semblable disposition, qui fait que le ventre est mieux soutenu, influe aussi sur la situation et la grandeur des principaux muscles du vol dont plusieurs sont aussi inclinés en dehors et plus longs que s'ils étoient perpendiculaires aux pièces auxquelles ils s'attachent, en supposant la même hauteur au thorax. Le dorsum est assez long; le prædorsum et le costal descendent fort bas et sont très-convexes, le premier en avant et le second en arrière, ce qui annonce des muscles dorsaux longs et épais.

Le mésothorax est le plus petit des trois segmens du tronc; il est composé, en dessus, de l'écusson qui n'est autre chose que le *dorsum* des élytres et, latéralement, des appuis très-forts de ces mêmes élytres, auxquelles je donne le nom de *clavicules scutellaires* (1) pour les distinguer de ceux des ailes;

(1) *Epimère*. A.

portant en arrière des appendices écailleux nommés *opercules*, parce qu'ils couvrent et soutiennent en même temps l'appareil aérien le plus considérable du corps, dont nous avons parlé dans l'Introduction, en traitant de la cause du bourdonnement. Ces appendices ont des sinus qui renferment plusieurs muscles, ou plutôt des ligamens élastiques, contribuant à ouvrir et à fermer les élytres; un de ces muscles, ou ligamens élastiques, situé dans la partie supérieure, est presque horizontal (1).

Ce segment se rétrécit en devant en forme de pivot pour s'articuler avec le prothorax. Une grande partie de son intérieur est occupée par la partie cervicale du métathorax. Les muscles qu'il renferme, outre ceux déjà indiqués, tels que les muscles qui meuvent les pattes mitoyennes, l'écusson, et qui contribuent à ouvrir et à fermer les élytres, placés sur les faces internes, sont petits, comparés à ceux du vol proprement dits, et occupent peu de place.

L'*écusson* (2) est communément de forme triangulaire; ses deux angles semblables sont en avant et le troisième en arrière dans la ligne médiane du tronc. (Chez les buprestes, vu par dessus, il figure un trapézoïde.) Il se divise en deux parties: l'antérieure couvre le dessus membraneux du cou du dorsum et entre presque en entier dans le prothorax, elle porte en

---

(1) La clavicule scutellaire des cétoines est remarquable par son élévation. En arrière de son extrémité supérieure est une entaillure profonde transversale, dans laquelle le côté externe de la base de l'élytre se loge dans le repos, et y est fortement retenu au moyen de l'arrêt formé par la partie antérieure et supérieure de l'entaillure.

(2) *Scutum du mésothorax*. A.

sur le derrière du sommet du prædorsum ; elle doit être, tour à tour, tendue et relâchée dans le vol de la manière suivante (voyez la fig. 2, pl. 1).

Représentons les muscles longitudinaux par *ab*, attachés en arrière au sommet du prædorsum *ae* et s'insérant en bas et en avant au rebord antérieur *b* de l'écusson ; figurons celui-ci par la courbe *bc* et la membrane qui l'unit au prædorsum par *ac* ; la partie antérieure du dorsum est représentée par *ad*; le point *a* étant supposé immobile, lorsque les muscles *ab* se contracteront ; le rebord *b* sera rapproché de *a*, l'écusson retiré en arrière, la membrane *ac* tendue et la voûte *bc* de l'écusson un peu courbée.

Nous verrons que la membrane qui unit le costal au dorsum est tendue de la même manière, par la contraction des muscles dorsaux. Les hémiptères et plusieurs insectes des autres ordres nous offrent aussi un mécanisme semblable.

Cet angle postérieur de l'écusson, souvent la seule partie visible de celui-ci, est ordinairement glabre et libre, de forme tantôt triangulaire, tantôt en cœur, ou figurant un manche (comme dans les buprestes, les taupins, les capricornes, où il est singulièrement relevé et court), et se prolongeant en arrière jusqu'au-dessus du dorsum. Il a du rapport avec la saillie postérieure du post-dorsum, sous laquelle est attachée par en haut le premier anneau de l'abdomen ; c'est, je pense, indépendamment de ses autres usages, une sorte de levier par lequel la partie postérieure de l'écusson est soulevée par le dorsum.

Les extrémités latérales de la partie antérieure de l'écusson s'unissent librement avec les clavicules scutellaires par l'in-

termédiaire de la base des élytres, et avec de petits osselets dont le premier, ou le plus avancé, est une espèce d'arête déliée, en forme d'épine assez longue retenue verticalement au-devant du bord antérieur des clavicules scutellaires par de forts ligamens faisant partie des membranes qui unissent le segment mitoyen au prothorax. Cet osselet me paroît destiné à élever l'écusson lorsqu'il est retiré en arrière et à le diriger dans son mouvement en bas et en avant. Le second osselet, plus fort mais court, placé au-devant de la partie supérieure de la clavicule, a un mouvement alternatif de dehors en dedans; il porte du côté interne une apophyse à laquelle s'insère le tendon assez long d'un muscle que je crois propre à tirer à la fois l'écusson et l'élytre en avant. D'autres muscles qui abaissent l'écusson et le portent aussi en avant, s'insèrent des deux côtés de l'arcade qu'il forme et s'attachent en bas, soit sur la partie sternale du segment, soit sur les faces internes des clavicules scutellaires, soit enfin à plusieurs apophyses. Deux de ces dernières appartiennent aux clavicules scutellaires, elles sont longues et s'avancent au-devant du prædorsum.

La *conque pectorale* se compose, 1°. de ses deux parties sternales, disposées en forme de carène, une de chaque côté de la ligne médiane, fortifiées intérieurement par des arêtes et au-dessus desquelles sont les *plaques fulcrales* (1) portant les appuis des ailes; 2°. de l'*entosternum* (2), formé lui-même de trois portions, savoir, la *crête sternale*, le *furculaire* et

(1) *Episternum*. A.
(2) *Entothorax*. A.

ses *branches* et la *plaque furculaire*; 3o. et enfin de sa partie antérieure se rétrécissant en forme de cou pour s'articuler immédiatement avec le prothorax, portant les clavicules scutellaires et les hanches des jambes mitoyennes. C'est à son extrémité postérieure ou abdominale que s'articulent les hanches des dernières pattes.

Ses parties sternales sont maintenues dans leur position, en avant, par les cloisons des cavités qui logent les hanches des pattes mitoyennes, et en arrière par des arêtes renforcées à leurs bases et par les extrémités du costal s'articulant avec les bords supérieurs des plaques fulcrales. Elles sont aussi retenues par des muscles transversaux (*muscles transverses*), que je crois être des ligamens élastiques, tenant à des tendons osseux fort longs.

La *crête sternale* est une lame écailleuse s'élevant verticalement, et dans le sens longitudinal, sur le milieu de la face interne du sternum. Elle est surmontée d'une plaque triangulaire figurant un dard (*plaque furculaire*) dont le plan, perpendiculaire à celui de la crête, est incliné de manière que sa partie antérieure est plus rapprochée du sternum que la postérieure. Cette plaque est légèrement concave en dessus; son angle antérieur qui se trouve le plus bas, dirigé dans la ligne moyenne, pose immédiatement sur la crête. C'est elle qui forme la paroi inférieure du canal pratiqué longitudinalement au travers du tronc pour le passage du tube alimentaire. Ces deux parties de l'entosternum, la crête et la plaque, fortifiées par des nervures, sont de plus soutenues en arrière par une forte pièce cornée, striée et figurant un Y

(le *furculaire*), à la tige et aux branches de laquelle elles s'unissent par leurs bords postérieurs.

Dans le hanneton, la tige seule du furculaire est inclinée en avant: le plan dans lequel se trouvent ses branches (*branches furculaires*) est à peu près vertical. Chez les cétoines, la tige et les branches du furculaire sont très-fortes; quelques coléoptères ont plusieurs branches à cette partie (les capricornes); d'autres n'ont qu'une simple tige courte, sans branches ni plaque furculaire (les buprestes); du moins c'est ce que j'ai cru remarquer dans deux individus morts de cette espèce; plusieurs ont une crête épaisse, peu élevée, séparée du furculaire (les lucanes); et enfin quelques espèces ne m'ont offert aucune trace de crête sternale. L'entosternum du hanneton, composé ainsi de trois parties, donne, dans toutes, des attaches à un grand nombre de muscles. La tige du furculaire et les bords inférieurs de ses branches, fournissent des insertions à différens muscles des jambes postérieures et à d'autres s'attachant en bas au premier anneau de l'abdomen. Plusieurs de ces muscles, quand l'insecte vole, servent à contenir le furculaire et à le ramener en arrière avec le costal; d'autres participent directement au vol. Il seroit long et presque superflu de les décrire tous, nous en indiquerons plusieurs en expliquant les planches: ici nous ne parlerons que des suivans. A l'extrémité des branches furculaires s'insère un muscle (le *costali-furculaire*), qui a son attache à l'apophyse descendante et libre du bord inférieur du costal, laquelle figure une palette ovale; un autre petit muscle, ou ligament élastique, fixé au même bord s'insère sur le milieu de la branche furculaire correspondante: l'un

et l'autre doivent ramener le costal en bas et en arrière après qu'il a été élevé et tiré en avant; ils doivent aussi contribuer à resserrer la poitrine.

A l'angle antérieur de la plaque furculaire s'insèrent deux petits muscles (*sternali-coxaux*) qui de là vont s'attacher aux faces postérieures des apophyses coxales dont il sera parlé plus bas; et enfin de chaque côté de la plaque furculaire et sur sa face inférieure s'attachent les muscles, ou ligamens élastiques, transversaux et perforans, dont les tendons grêles, longs et osseux, passent au travers des muscles du vol, séparant les releveurs des ailes, proprement dits, de ceux qui meuvent aussi les hanches postérieures; chacun s'insère ensuite à une apophyse articulaire qui termine en haut le côté antérieur de la hanche postérieure, ramène cette hanche à l'état de repos et doit contribuer à resserrer la partie postérieure de la poitrine, en rapprochant les bords supérieurs de la conque: sous ce point de vue ces muscles seroient des auxiliaires des constricteurs du tronc.

Intérieurement, et au-dessus des parois des cavités dans lesquelles s'articulent les hanches mitoyennes, sont deux apophyses à peu près verticales, terminées chacune par une petite tête (*apophyses coxales*), et auxquelles s'attachent plusieurs muscles ou ligamens élastiques; ceux qui s'insèrent aux têtes terminales s'attachent, en haut et en avant, aux extrémités latérales du bord inférieur du prædorsum qu'ils ramènent en bas et en arrière. Des muscles assez forts qui meuvent le prothorax en bas s'attachent au devant de ces apophyses: la forme de celles-ci varie beaucoup suivant les espèces, elles n'existent même pas chez plusieurs coléoptères.

L'enveloppe écailleuse pectorale est complétée latéralement et en dessus par les *plaques fulcrales*, une de chaque côté, lesquelles portent les appuis des ailes, ou les *clavicules thorachiques*, et deux petites pièces écailleuses mobiles que j'ai nommées *pivots*, situées au-devant de ces appuis et auxquelles s'attachent plusieurs muscles. La plaque fulcrale s'articule avec le bord supérieur de la partie sternale de la conque, où elle a un léger mouvement; elle s'articule aussi avec le haut des hanches postérieures. Elle se recourbe en dessus et en avant et présente ainsi une face latérale, ou flanc, une face supérieure, ou axillaire, qui est sous l'aile (1), et une antérieure ou scapulaire; c'est à celle-ci que tient l'appareil aérien que nous soupçonnons être celui du bourdonnement: ces deux dernières faces sont ordinairement glabres, en partie membraneuses, et en partie formées de plusieurs pièces écailleuses très-minces et élastiques. Ces plaques ont aussi leur extrémité postérieure ou abdominale, un bord supérieur ou axillaire, un bord inférieur ou pectoral, un bord antérieur interne et un angle scapulaire. La face et l'angle scapulaires sont couverts en partie par l'opercule et la face axillaire l'est par la base de l'aile. C'est à la jonction de cette dernière face et du bord latéral du dorsum que l'aile s'attache. Les parties écailleuses, ou simplement membraneuses, de la face axillaire ne donnent attache à aucun muscle; elles couvrent seulement des vésicules aériennes nombreuses: mais plusieurs muscles, entre autres le coxali-axillaire, s'insèrent aux bandes ligamenteuses placées au-dessous (2).

---

(1) *Hypoptère*. A

(2) M. Latreille m'a dit qu'il considéroit cette plaque comme l'analogue de la

L'*appui de l'aile*, moins élevé que la clavicule scutellaire, tient intimement à la face interne et concave de la plaque fulcrale ; sa substance est cornée et très-compacte ; en outre il est soutenu de tous côtés par des contreforts : l'un de ces derniers lui sert de base. Si l'appui de l'aile paroît foible en dehors, c'est qu'il est en partie couvert par des membranes. Sa forme est à peu près celle d'une grosse nervure presque ronde ; totalement incliné en avant, il se courbe aussi en dedans comme la portion axillaire de la plaque fulcrale à laquelle il sert de soutien, se relève ensuite de manière que sa partie supérieure, qui dépasse la plaque en dessus, est un peu tournée en dehors. Son extrémité supérieure s'articule librement avec l'humérus et l'omoplate, elle est arrondie par derrière et figure une tête où s'attache un fort ligament qui l'unit au tubercule transversal de l'omoplate ; antérieurement, elle porte une apophyse en forme de corne dont la pointe se contourne légèrement en haut et en dehors.

La *tige* de la clavicule thorachique est articulée en devant avec le pivot de manière à lui permettre un léger mouvement de dehors en dedans ; en arrière et au-dessous de sa tête articulaire, elle donne attache à la membrane *circombasilaire*. Un petit muscle (ou ligament élastique), qui s'y attache aussi, s'insère en arrière, ainsi que le tendon commun de deux autres dont il semble être l'antagoniste, à une petite écaille que l'on voit en dessus de la base de l'aile derrière l'humérus, tenant par des ligamens très-lâches à l'apophyse

---

hanche ; ce qui, je pense, ne peut pas être douteux ; mais en raison de l'importance de ses fonctions, elle a bien plus d'étendue et de solidité que la hanche.

crochue du dorsum, au tubercule de l'ongulaire et à la base de l'humérus. Je donne à ces trois petits muscles le nom de *sus-axillaires*; l'attache inférieure des deux derniers est à la base de l'appui; le premier doit tendre les ligamens et les membranes, les deux autres contribuent à replier l'aile en appliquant, par un mouvement de bascule, les osselets radicaux de sa base contre les flancs du dorsum. A l'extrémité postérieure de cette même base de l'appui s'attache un autre petit muscle, ω, qui s'insère en bas au bord antérieur et interne de la hanche postérieure qu'il fait tourner en dehors; mais lorsqu'il prend son point fixe à cette hanche il devient l'auxiliaire des muscles qui font baisser et rentrer en dedans la partie supérieure de la plaque fulcrale. Enfin un dernier muscle large et mince (Π), situé au-dessous de la base de l'appui, attaché en bas à une arête du bord supérieur de la partie sternale de la conque pectorale et s'insérant en haut à une autre arête de la plaque fulcrale doit, dans ses contractions, abaisser aussi la partie supérieure de cette plaque. Du reste, toutes ces parties sont environnées d'un grand nombre de vésicules aériennes.

Le *pivot* qui répond à l'écaille axillaire antérieure de quelques espèces d'insectes (telles que les papillons, les tenthrèdes, les sirex-géans), n'est qu'une simple tige écailleuse, lisse, fort inclinée en avant, droite, demi-ronde, convexe du côté externe, concave du côté interne, où sont des arêtes propres à fortifier la pièce ou à donner des attaches aux muscles, plus grosse en haut qu'en bas, située obliquement dans la ligne moyenne qui est entre le devant et le côté interne de l'appui de l'aile, auquel son bord postérieur

est uni par l'intermède d'un ligament qui lui permet de se mouvoir avec liberté de dehors en dedans et réciproquement. A son bord antérieur s'attache une membrane couvrant les muscles, communiquant avec l'appareil du bourdonnement et s'étendant jusqu'au dorsum ; son extrémité inférieure s'articule et se meut comme un pivot dans un petit enfoncement de la plaque fulcrale située au-devant de l'appui de l'aile. En haut, près de son extrémité supérieure, elle s'éloigne de l'appui en se coudant et se portant en avant : elle s'unit, par le moyen d'un fort ligament, avec l'extrémité humérale du bord antérieur de l'aile (le *radius*). Le dessus de cette partie coudée est fortifié en dehors et à partir du coude par un bourrelet assez saillant et incliné sur la tige d'arrière en avant. C'est sur ce bourrelet que, lors de l'abaissement des ailes, s'appuie, pour pousser le pivot en dedans, un gros tubercule placé sous l'extrémité humérale du cubitus dont il fait partie. Le vide laissé par le coude reçoit ce même tubercule quand l'aile est repliée ; dans ce cas, le haut du pivot doit être tiré en dehors. Cette pièce contribue à la dilatation du tronc et à bander les parties latérales de la conque pectorale. C'est à sa face concave que s'insère le tendon du muscle *pectorali-axillaire* : considérée dans ses rapports avec ce muscle puissant, elle est l'intermédiaire par lequel l'effet de la contraction de ce muscle se transmet à l'aile.

Un très-petit muscle, ou ligament élastique (le scapuli-axillaire), attaché à la partie antérieure du bord scapulaire du dorsum, s'insère aussi à la partie supérieure de la face concave de cette écaille axillaire et doit contribuer à la tirer en dedans. Ce même petit muscle tient encore à la mem-

brane qui unit le dorsum avec le bord antérieur de l'aile.

Le *dorsum* (1) du hanneton et des coléoptères en général, vu par-dessus, ressemble à la partie dorsale d'un corset ou d'une cuirasse. On peut le considérer comme une portion de cerceau disposée transversalement, dont les deux bouts appuient sur la partie interne des humérus et dont les bords antérieur et postérieur sont unis à des demi-cloisons transversales qui lui donnent la forme d'un couvercle de boîte. Cette pièce avec ses annexes fournit des attaches aux principaux muscles du vol qu'elle couvre en dessus, devant et latéralement. Sa moitié antérieure se divise en *partie scapulaire* et en *partie cervicale;* le milieu de son arrière-moitié est d'une écaille plus forte et plus élastique que le reste, et fait partie du *post-dorsum*. Le bord postérieur de cette dernière moitié se recourbe en dessous où il est joint au costal par une membrane ligamenteuse un peu lâche, mais forte, laquelle est alternativement tendue et relâchée dans le vol.

La partie supérieure de la voûte du dorsum est fortifiée en dehors par des filets longitudinaux en relief, se prolongeant tant soit peu en arrière sur le premier anneau de l'abdomen; en dessous elle est aussi fortifiée par deux fortes nervures figurant un triangle isocèle dont la base s'appuie sur le bord abdominal du dorsum, et le sommet au bord antérieur, sur le milieu d'une troisième nervure transversale considérable. Les bords de la moitié antérieure du dorsum sont aussi renforcés par de larges nervures (*nervures marginales*) (pl. 1, fig. 5 et 6).

---

(1) *Scutum du metathorax*. A.

La partie cervicale du dorsum allongée en forme de cou et couverte en dessus par une simple membrane (la *membrane cervicale*), est cachée par l'écusson, ses bords inférieurs sont tous libres. La demi-cloison transversale (le *prædorsum* ou *cloison cervicale*) (1), qui termine cette partie, bombée en devant, concave du côté interne, descend assez bas : le milieu de son bord inférieur porte une échancrure formant le bord supérieur de l'ouverture antérieure du tronc. Le bord supérieur de cette cloison est convexe et donne attache à la membrane cervicale, aux muscles longitudinaux de la voûte de l'écusson, et à la membrane qui unit l'écusson au dorsum. La face extérieure de la cloison est fortifiée par de petites nervures marginales et par d'autres qui se croisent; les côtés de sa face intérieure présentent deux arêtes verticales très-saillantes, remontant jusque sous la partie scapulaire du dorsum qu'elles fortifient, et où elles joignent les larges nervures marginales qui s'étendent jusqu'aux apophyses humérales. Ces arêtes séparent l'intérieur du cou du dorsum en trois parties, une moyenne et deux latérales.

Dans les buprestes, le milieu de la face interne du prædorsum porte une grosse arête verticale montant jusqu'à la partie cannelée du sommet du dorsum, partageant ainsi en deux parties égales ce prædorsum et le dessus membraneux du cou. Cette même arête se remarque aussi chez les capricornes, les lucanes, etc., mais moins forte et ne dépassant point la cloison.

C'est sur la face concave du prædorsum et sur les faces

---

(1) *Præscutum*. A.

internes de ses deux fortes arêtes latérales que s'insèrent les extrémités antérieures des deux muscles dorsaux.

Les côtés écailleux du cou sont concaves à l'extérieur et forment un angle rentrant avec la partie scapulaire du dorsum à laquelle ils adhèrent intimement ; ce sont les *gouttières cervicales* recevant les apophyses courbes de l'écusson et s'articulant avec elles : leurs faces internes fournissent des points d'insertion aux extrémités supérieures les plus avancées des muscles sternali-dorsaux.

Ces mêmes côtés s'écartent l'un de l'autre et diminuent de hauteur en allant joindre le dorsum. Une telle disposition des tégumens écailleux du cou du dorsum et des arêtes internes et latérales du prædorsum est favorable à l'action par laquelle les muscles dorsaux dilatent le tronc : en effet, lors de la contraction de ces muscles, le dorsum est poussé en haut par les arêtes ou contre-forts du prædorsum en même temps que les flancs du premier le sont dans le même sens et en dehors par l'intermédiaire des côtés du cou.

On voit par là l'utilité de la membrane cervicale ; par son moyen, les côtés écailleux du cou peuvent s'écarter l'un de l'autre et pousser en dehors les parties latérales du dorsum. Aucun muscle ne s'attache ni à la partie moyenne et longitudinale du dorsum dont l'étendue est mesurée par l'épaisseur et la longueur des muscles dorsaux, ni à la partie supérieure et membraneuse du cou; ces parties sont ainsi absolument libres.

La moitié antérieure du bord latéral du dorsum porte deux apophyses articulaires principales entre lesquelles il en existe une troisième plus foible. L'*humérale*, qui est la

première, est triangulaire et tient intimement par son plus long côté à la partie scapulaire du bord latéral; elle s'articule librement sous le bord interne du cou de l'humérus; derrière cette apophyse, le bord latéral forme un coude arrondi; une espèce d'arète fine et aiguë s'en détache, dont la pointe tournée en arrière et s'écartant peu du bord, n'y tient cependant que par une simple membrane. Cette arête ou apophyse qui est élastique s'articule aussi librement avec le dessus du bord interne de la base de l'humérus, et permet à ce bord de légers mouvemens alternatifs d'élévation et d'abaissement; je présume qu'elle est destinée par son ressort à rendre les mouvemens plus doux (une semblable disposition se retrouve à peu près chez les lépidoptères).

Lorsque l'aile est élevée, le coude du dorsum est reçu dans la partie concave de la base de l'humérus.

La seconde apophyse principale (*apophyse crochue*) est située à peu près au milieu du bord latéral, derrière l'humérus; elle est pointue, assez forte, et son extrémité est recourbée en haut; elle paroît être formée de la réunion de deux arêtes intérieures, dont l'une antérieure vient du milieu de la partie scapulaire de la voûte du dorsum; l'autre règne le long de la portion du bord latéral du dorsum qui s'unit au panneau. Un muscle de la hanche postérieure et qui la fait tourner en dedans (le *coxali-dorsal*), contribuant aussi au vol, s'attache à cette dernière arête et à une partie de l'apophyse crochue. C'est sur cette dernière que s'appuie l'extrémité antérieure du panneau. La pointe de cette apophyse qui reste libre et découverte sert d'attache au derme ligamenteux faisant partie des membranes circombasilaires et

s'étendant jusqu'à la base de l'aile. Lorsque le dorsum se hausse, cette apophyse tend à faire baisser l'*ongulaire* et l'aile en tirant en haut l'épaisse membrane intermédiaire. Je crois que les buprestes, les capricornes, etc., n'ont point d'apophyse crochue.

Un petit muscle, ou ligament élastique, r, attaché sur la cupule du muscle pectorali-axillaire s'insère au bord externe de l'apophyse humérale et tend à abaisser le dorsum; sous ce point de vue, c'est un auxiliaire des muscles constricteurs ou dépresseurs (pl. 1, fig. 3).

Les parties latérales de la moitié postérieure du dorsum, qui font partie de l'appendice basculaire et auxquelles je donne le nom de panneau *p*, à cause de leur forme, sont composées d'un cadre triangulaire irrégulier, cannelé à l'extérieur, ayant un long côté par lequel il se joint au dorsum et autour duquel il a un léger mouvement; il renferme une portion bombée de même forme que lui, à laquelle aucun muscle ne s'attache. Toute cette partie couvre immédiatement des vésicules aériennes. L'angle antérieur, qui est le plus aigu, est tronqué et s'appuie sur l'apophyse crochue du dorsum, et l'angle obtus, ou extérieur, est reçu dans un enfoncement pratiqué à cet effet sur la branche antérieure du costal, à laquelle il est uni par des ligamens un peu lâches. Ainsi le panneau, au moyen de ses articulations avec le dorsum et le costal, est entraîné dans leurs mouvemens; car, ne donnant attache à aucun muscle, il ne peut avoir de mouvemens particuliers. Il est probable qu'il reçoit aussi quelque impulsion dans le gonflement des vésicules aériennes situées au-dessous.

Une longue apophyse pointue (*apophyse styloïde s*) partant du bord externe du panneau et s'avançant vers l'angle aussi externe de la base de l'humérus, s'articule librement par son bord extérieur avec un des principaux osselets radicaux de la base de l'aile (*l'ongulaire o n*) et couvre un fort ligament auquel cet osselet est aussi attaché, de même que plusieurs autres pièces de la base de l'aile. Ainsi les panneaux, avec leurs apophyses styloïdes, représentent les branches de l'appendice basculaire (ou post-dorsum) des autres insectes.

Dans les buprestes, bousiers, capricornes, lucanes, taupins et un grand nombre d'autres coléoptères, le panneau est peu distinct et se confond presque avec les parties latérales du dorsum ; mais les branches basculaires existent toujours (pl. 1, fig. 3).

Le costal (1) (pl. 1 et 2, fig. 3 et 10) est une demi-cloison transversale descendant, chez le hanneton, jusque vers le milieu de l'épaisseur du tronc ; mais beaucoup moins bas dans d'autres espèces (*capricornes*, *buprestes*) (2) ; convexe du côté de l'abdomen qui s'y attache et qu'elle sépare du tronc, concave du côté antérieur où s'implantent les muscles dorsaux et les costali-dorsaux, et régulièrement striée dans le sens transversal ; son bord supérieur se recourbe en avant sous la partie postérieure du dorsum et son bord inférieur se porte en arrière. C'est sur sa face concave et entre deux

---

(1) *Post-scutellum*. A.

(2) Dans les capricornes le costal se porte tellement en arrière qu'il paroît être une continuation du dorsum ; mais les muscles qui s'y attachent doivent le mouvoir fortement dans son articulation, et le faire servir en façon de levier pour élever considérablement le dorsum.

fortes arêtes verticales que s'attachent en arrière les deux muscles dorsaux, proprement dits, de la même manière qu'ils s'insèrent en avant à la cloison cervicale (*prædorsum*). Deux autres muscles (les *costali-dorsaux*) s'attachent aussi au costal de chaque côté des premiers dont ils sont antagonistes.

La partie supérieure de l'abdomen est fixée sur sa face convexe et postérieure à une nervure qui règne en haut parallèlement au bord postérieur du dorsum, et à une petite distance de ce bord. Cette pièce est fortement échancrée dans le milieu de son bord inférieur pour donner passage à plusieurs vaisseaux, entre autres au tube alimentaire, et afin que ces vaisseaux ne soient point lésés lors de son abaissement. Son bord supérieur suit les contours du bord postérieur du dorsum avec lequel elle est unie très-librement par une forte membrane ligamenteuse. C'est le centre d'un mouvement commun au costal et au dorsum. Le milieu de ce bord supérieur du costal se recourbe en avant et s'avance sous le dorsum jusque vers son quart postérieur, en sorte que, lors de la contraction des muscles dorsaux, le costal tiré directement en avant par ces muscles, d'une part, et en même temps repoussé en arrière, dans sa partie supérieure, par le dorsum qui recule, perd de sa convexité, s'étend latéralement et en haut, élargit ainsi le tronc, particulièrement le dorsum dont il soulève la partie postérieure ainsi que celle des panneaux. Le bord inférieur du costal est libre, découpé en lobes, fortifié par une nervure marginale et recourbé en dedans, ce qui est vraisemblablement un effet de la force des muscles qui s'y attachent. Il porte à chacune de ses extrémités latérales trois apophyses cornées qui partent d'un même point comme d'un

centre; deux étant dans le plan de la cloison et perpendiculaire l'une à l'égard de l'autre, n'en sont que des prolongemens; la troisième normale à ce plan est en avant et doit être considérée comme une branche antérieure du costal. L'une des deux premières est articulaire; c'est avec sa semblable du côté opposé, l'intermédiaire par lequel le costal et la partie postérieure du dorsum s'appuient sur les flancs des plaques fulcrales et s'y meuvent; elles maintiennent l'écartement de ces plaques, en même temps qu'elles en soutiennent les parties axillaires qui y sont attachées. L'autre apophyse est libre, descend au dessous du bord inférieur du costal auquel elle tient par un fort pédicule; sa forme est celle d'une palette ovale, convexe du côté externe où est fixé son pédicule, et concave du côté interne où s'attache le muscle *costali-furculaire*. Le plan de la face concave de la palette a une obliquité telle qu'il regarde à la fois en dedans, en haut et en arrière; elle descend fort bas dans les capricornes, où elle figure une longue épine; mais elle manque dans les buprestes, etc. Enfin la troisième et dernière apophyse, ou la branche antérieure du costal, est courte dans le hanneton, elle s'avance sous l'angle arrondi et extérieur du panneau qu'elle reçoit dans une cavité creusée à sa surface. L'extrémité postérieure du *ligament basilaire* s'attache sur le côté externe de cette apophyse. En reculant, lors de l'élévation des ailes, elle doit tendre ce ligament qui, dans la même circonstance, est tiré en avant par son autre extrémité. L'usage de cette dernière apophyse, dans le vol, est encore, lorsque les ailes se portent en bas, d'abaisser l'ongulaire par l'intermédiaire de l'apophyse styloïde, de soulever les panneaux et par suite la partie postérieure du dorsum.

Le muscle costali-furculaire, dont nous venons de faire mention, sert à tirer le costal en arrière et en dedans lors de l'élévation des ailes ; il contribue aussi au resserrement de la poitrine : en ce sens c'est un congénère des muscles constricteurs, entre autres du muscle transverse. Nous avons déjà parlé d'un autre petit muscle, ou ligament élastique, s'attachant également au bord inférieur du costal et aux branches furculaires.

L'effet de la contraction des muscles dorsaux étant de diminuer, par l'intermédiaire du dorsum et du costal, la longueur totale du tronc alifère, en augmentant sa largeur et sa hauteur ; il étoit nécessaire que le prædorsum et le costal fussent convexes en dehors et même d'une consistance un peu moins solide que le dorsum proprement dit, pour que ces pièces pussent fournir facilement matière à l'agrandissement nécessaire par la diminution en tous sens de leur convexité, et afin de donner aux muscles, qui s'attachent sur leurs faces concaves, de plus grands moyens d'opérer cette diminution ; car les fibres de ces muscles qui s'implantent en dedans des parties les plus saillantes, étant plus longues, ont, par là, plus d'étendue de contraction. L'élargissement en question du tronc est favorisé, comme nous l'avons déjà dit, par la membrane qui couvre le dessus du cou du dorsum ; en effet, la poussée latérale contre les parties scapulaires du dorsum ayant lieu du dedans au dehors et de bas en haut, par l'intermédiaire des côtés écailleux du cou dont les extrémités postérieures s'écartent l'une de l'autre tout en s'élevant, s'opère avec facilité, vu que les bords supérieurs et inférieurs de ces côtés sont libres ; les supérieurs n'étant liés entre eux

que par une membrane assez lâche; ce qui ne se feroit pas aussi aisément, s'il falloit vaincre la résistance d'une substance solide qui uniroit par en haut ces côtés écailleux du cou.

Le costal et la cloison cervicale se rétablissent ensuite à peu près spontanément; et le peu d'épaisseur de leur écaille favorise aussi l'augmentation de leur convexité extérieure qui a lieu lors de la compression du tronc et de l'élévation des ailes.

Des ailes. — Les ailes des coléoptères étant membraneuses n'ont pas autant de fermeté que celles de plusieurs insectes des autres ordres; ces ailes ont de la ressemblance avec des membranes sèches. Elles tiennent un peu des ailes des chauve-souris; car toute leur partie postérieure est rétractive et se réduit en de très-petits plis dans le repos. Indépendamment de cette propriété rétractive des membranes de l'aile, plusieurs osselets de la base et même quelques petites nervures situées près de cette base et de l'extrémité du bord interne, m'ont paru renfermer des ligamens élastiques. Cette construction particulière des ailes dans les coléoptères leur tient lieu sans doute de nervures rétractives, qu'on ne voit pas chez eux; de telles nervures en effet ne sont nécessaires qu'aux ailes de nature écailleuse, et dont les plis sont permanens. La plupart des autres nervures sont membraneuses en dessous.

Le bord antérieur de ces ailes, épais et fort, est formé par deux nervures liées ensemble intimement; la première, ou la plus avancée, assez mince, répond au *radius;* la seconde très-forte est le *cubitus* (pl. 1, fig. 3, *reb*; et fig. 7 et 8, *ba*). C'est sous le premier tiers de ces deux nervures, dont le dessous est membraneux, que se trouve la poche dont

nous avons parlé dans l'introduction, et que l'insecte peut remplir de liquide dans le vol. Ayant même vu de l'humidité dans l'intérieur des autres nervures, il est très-probable que l'insecte a aussi la faculté d'y introduire du liquide et de l'en retirer à volonté, soit pour affermir ses ailes membraneuses et pour faciliter leur déploiement, soit afin de faire varier la position de son centre de gravité dans le vol et accroître l'intensité de la force centrifuge (1). Quant aux trachées aériennes des nervures, elles existent sûrement, mais leur extrême finesse fait qu'on a beaucoup de peine à les découvrir, non-seulement dans les coléoptères, mais dans tous les ordres d'insectes; et je suis porté à croire que le liquide reçoit en grande partie l'influence de l'air à travers la membrane de la face inférieure de l'aile, lorsque cette membrane complète seule en dessous le tube formé en dessus par la matière cornée et en relief de la nervure.

L'extrémité humérale du bord antérieur se divise en deux lobes correspondant aux deux nervures qui composent ce bord; l'externe, ou l'extrémité humérale du radius, qui est le plus long, se trouve, quand l'aile est étendue, au-devant de la tête de l'humérus que même il dépasse pour s'unir, très-librement et par l'intermédiaire d'une forte membrane, avec la tête du pivot; celle-ci est alors dans une situation interne par rapport à la tête de l'appui de l'aile. Le lobe interne plus court que le premier est l'extrémité du cubitus, laquelle est forte, large en dessus et terminée par un tuber-

(1) Je soupçonne que du liquide pénètre avec l'air dans les nervures des ailes lorsque celles-ci s'élèvent, et que ce liquide ainsi que l'air rentrent en partie spontanément dans le thorax, lors de la dilatation du tronc et de l'abaissement des ailes.

cule épais et saillant qui forme l'olécrane ; son côté interne présente en dessous une forte apophyse et une cavité ; dans celle-ci est reçu et attaché par des ligamens le condyle inférieur du bec de l'humérus, et l'apophyse entre à son tour dans l'échancrure formée à l'extrémité de ce bec par la saillie de ses deux condyles, où elle est aussi retenue par des ligamens. Le cubitus est ainsi articulé en ginglyme avec l'humérus et s'y meut librement dans le sens horizontal : son olécrane, destiné à borner le mouvement de l'aile en avant, est reçu dans la fosse de la face externe du bec faisant suite à son échancrure. Au-dessous de cette extrémité du cubitus, on voit encore une grosse éminence tuberculeuse très-forte et creuse en dedans, ayant quelques rapports, par sa situation, avec l'apophyse coronoïde du cubitus humain, s'appuyant, lors de l'abaissement de l'aile dans le vol, contre la tête du pivot et la repoussant en dedans. Lorsque l'aile est repliée et en repos, cette éminence se trouve placée dans l'intervalle qui sépare en haut l'appui de l'aile et la tête du pivot contribuant par là à fixer l'aile dans cette situation ; il est probable qu'elle loge dans son intérieur quelques petits muscles ou ligamens élastiques, servant à étendre ou à replier l'extrémité de l'aile ; je soupçonne que la partie basilaire du radius renferme aussi un muscle, ou un ligament élastique ; mais je n'ai point de certitude à cet égard. Les tubes des nervures sont très-apparens.

La *base de l'aile* est composée de plusieurs osselets radicaux nécessaires pour que l'aile puisse s'étendre et se fermer. Toutes ces pièces sont environnées ou recouvertes, en dessus et en dessous, en totalité ou en partie, par des membranes fines et souples (*membranes circombasilaires*), agitées par

des mouvemens irréguliers répondant à ceux de la respiration ou de l'abdomen. Les trois principaux de ces osselets que nous allons décrire s'articulent immédiatement avec les côtés du tronc et s'y meuvent en charnière, ce sont l'*humérus*, l'*omoplate* et l'*ongulaire*.

L'*humérus* que nous supposons vu au moment où l'aile est étendue horizontalement, se meut librement de haut en bas et de bas en haut dans ses articulations avec le dorsum et avec l'appui de l'aile; il a la forme du cou et de la tête d'un cygne: c'est la première et la principale pièce de la base de l'aile et en même temps la plus remarquable par son volume et par sa position. Il se divise naturellement en deux portions; l'antérieure, qui est son cou et sa tête, s'articule par son bord interne avec le dessus du bord externe de l'apophyse humérale du dorsum: elle est étroite, contournée en dehors en forme de crochet, bombée en dessus, concave en dessous où elle s'articule avec l'appui de l'aile. La portion postérieure, ou sa base, est au-dessous de la précédente, le plus souvent triangulaire, large vers son bord postérieur, un peu concave en dessus pour recevoir le coude latéral du dorsum; ayant ses bords latéraux légèrement recourbés en bas; l'interne s'articule sous le bord du coude du dorsum, ou plutôt sous l'arête élastique de ce coude; sa face inférieure et son bord externe sont étroitement unis avec l'omoplate et avec d'autres petites pièces écailleuses de la base de l'aile. A son bord postérieur s'attachent des membranes ligamenteuses. Le crochet de l'humérus, ou son bec, a du rapport avec l'extrémité inférieure de l'humérus des oiseaux; il est tout-à-fait en dehors lorsque l'aile est étendue horizontalement; son côté

externe concave reçoit l'olécrane qui limite le mouvement d'abduction de l'aile; il s'élargit dans le sens vertical et s'aplatit du dedans en dehors, en allant vers son extrémité échancrée, où il reçoit l'apophyse articulaire de l'extrémité humérale du cubitus, et finit ainsi par deux espèces de condyles placés l'un au-dessus de l'autre; l'inférieur s'articulant dans une cavité du cubitus. Celui-ci se meut librement en ginglyme dans cette articulation et y jouit des mouvemens horizontaux d'adduction et d'abduction seulement.

L'humérus tient par toutes ses autres parties à la membrane circombasilaire.

Cette espèce d'humérus m'a paru la plus commune; mais elle n'est pas la seule : dans les buprestes et chez les taupins, par exemple, le bord interne de la base se prolonge considérablement en arrière, s'articulant ainsi par une plus grande étendue avec le bord latéral du dorsum.

Lorsque le dorsum se hausse, il élève en même temps le côté interne de l'humérus qui alors se meut dans ses articulations avec le dorsum et avec l'appui de l'aile de manière à faire baisser son côté externe et l'aile qui y tient. L'élévation de celle-ci s'obtient par les mouvemens contraires du dorsum et de l'humérus. Dans ce dernier cas, la partie concave de la base de l'humérus embrasse le coude du dorsum et son cou s'applique exactement sur la partie de ce même coude qui regarde obliquement en avant.

La base de l'humérus s'unit en dessous, ainsi que nous l'avons déjà dit, à une autre pièce dont une partie se recourbant en haut, se montre à découvert à la surface de l'aile et contiguë au bord externe de la base et du cou de l'humérus.

Cette pièce, d'une substance très-solide, fortifie l'humérus, le soutient au moyen de son rebord et envoie un fort ligament à la partie postérieure de la tête de l'appui de l'aile, autour de laquelle elle se meut librement avec l'humérus. Elle n'est, pour ainsi dire, qu'un composé de quatre tubercules ayant tous des directions différentes. Le tubercule postérieur large et mousse sert d'attache au ligament basilaire de l'aile. Du côté externe, cette pièce se joint à d'autres parties écailleuses de la base et à la membrane circombasilaire. Sa forme et ses connexions, soit avec l'appui de l'aile, soit avec l'humérus, doivent la faire considérer comme une espèce d'*omoplate*. C'est sous ce nom qu'elle sera désignée par la suite.

L'*ongulaire* est le troisième osselet de la base de l'aile, s'articulant immédiatement avec le thorax; il contribue en s'abaissant à étendre la partie postérieure de l'aile, et à la replier en s'élevant. Sa partie antérieure se termine carrément, convexe en dessus, je soupçonne qu'en dessous elle renferme un muscle, ou un ligament élastique; son bord interne porte un petit tubercule aigu auquel s'attache un ligament venant du dorsum, particulièrement de l'apophyse crochue. En arrière est une petite écaille légèrement adhérente à ce tubercule, entourée de la membrane circombasilaire et tenant aussi au ligament subjacent, à laquelle s'insèrent les petits muscles sus-axillaires releveurs de l'ongulaire, muscles qui viennent, comme nous l'avons déjà dit, de la base de l'appui de l'aile. La partie postérieure de l'osselet, dont la surface est concave, se termine en pointe. C'est par le bord interne de cette partie qu'il s'articule en haut et en dedans avec l'apo-

physe styloïde du panneau et qu'il tient en bas et en dehors avec le ligament basilaire.

En dessous, près de sa pointe, est une autre petite écaille isolée à laquelle s'insère un muscle (le coxali-axillaire) qui contribue à son abaissement. L'ongulaire est disposé de manière qu'en s'abaissant, non-seulement il s'écarte du corps, mais il se porte encore en avant : par ce moyen, il étend d'arrière en avant la partie postérieure de la membrane de l'aile; en se relevant, il la retire au contraire d'avant en arrière.

Le *ligament basilaire* est très-fort; tenant en avant au tubercule postérieur de l'omoplate, et en arrière au côté externe de la branche antérieure du costal, il est évidemment tendu par l'éloignement des parties auxquelles il s'implante, lors de l'élévation des ailes, circonstance où le tronc s'allonge. Se raccourcissant ensuite en même temps que ces mêmes ailes s'abaissent, il contribue par là à la dilatation du tronc. Il est couvert par l'apophyse styloïde et par la membrane circombasilaire, son bord externe s'élève et s'abaisse alternativement avec l'humérus. Nous avons vu que l'ongulaire y est fixé ainsi que le muscle coxali-axillaire et plusieurs membranes de l'aile.

Les *muscles du vol* sont tous renfermés dans le métathorax dont ils remplissent, presque entièrement, la capacité. Nous les considérerons dans leurs diverses fonctions, lesquelles consistent non-seulement à mouvoir les ailes, mais encore à dilater et à resserrer tour à tour le tronc, et à tendre ses parties. Ils sont environnés de toutes parts de vésicules aériennes, nombreuses surtout au-devant du métathorax et entre lui et l'abdomen. Voici les principaux : 1°. *deux muscles dorsaux*

ou dilatateurs du tronc et abaisseurs des ailes; 2°. *quatre muscles latéraux* constricteurs du tronc et releveurs des ailes les deux antérieurs sont les *sternali-dorsaux* et les deux postérieurs les *costali-dorsaux*; 3°. et enfin deux autres muscles latéraux (*pectorali-axillaires*) extenseurs des ailes et auxiliaires des dilatateurs.

Les *deux muscles dorsaux*, très-forts, parallèles l'un à l'autre et se touchant par leurs faces internes, ne tiennent qu'à la région supérieure du tronc; ils s'attachent en arrière à la partie moyenne de la face concave du costal, et s'insèrent en avant à la face concave du prædorsum entre ses deux arêtes latérales. Leurs fibres, aussi parallèles entre elles, le sont également avec la partie moyenne et longitudinale de la voûte du dorsum; par conséquent, elles ne peuvent s'y attacher comme chez les autres insectes: elles sont plus courtes dans la partie supérieure des muscles que dans l'inférieure où l'étendue de la contraction a besoin d'être considérable. Cependant les plus courtes, touchant au dorsum par l'intermède de très-petites vésicules d'air, reçoivent par là un certain degré de force et de résistance que les autres n'ont pas, n'étant contenues de ce côté que par des vésicules aériennes.

Les faces externes de ces muscles sont couvertes en avant par les sternali-dorsaux et en arrière par les costali-dorsaux; dessous est le canal par où passe l'œsophage et des vésicules aériennes.

Les muscles *sternali-dorsaux* se trouvent sur les parties latérales du tronc; ils sont inclinés en avant et en dehors, de manière que se touchant en bas, ils sont en haut séparés par les muscles dorsaux, figurant ainsi un V incliné en avant. Ils se divisent en deux portions: l'antérieure qui, est la plus forte,

s'attache en bas à la crête sternale, à la paroi contiguë de la conque pectorale, et dans l'intérieur d'une cupule écailleuse tenant fortement à la partie postérieure de cette paroi, et située dans l'angle formé par la demi-cloison intérieure à laquelle est articulée la hanche postérieure. Cette cupule très-creuse, a évidemment pour objet d'augmenter les points d'attache de l'extrémité inférieure de ces muscles.

La portion postérieure des muscles releveurs, plus foible que la précédente, s'insère dans la partie inférieure de la hanche postérieure par un long tendon, descendant plus bas et plus en dedans que celui du muscle coxali-axillaire qu'il touche. Cette portion est ainsi un muscle qui a son attache inférieure dans la hanche, et qui néanmoins, dans le vol, où la hanche doit être immobile, contribue à l'élévation des ailes et au resserrement du tronc. Le muscle transverse passe entre elle et la portion antérieure. En haut, l'insertion de ces muscles commence vers la partie scapulaire et latérale du dorsum, de chaque côté des dorsaux, et se continue jusqu'au bas des côtés écailleux du cou du dorsum et de sa cloison cervicale.

La portion antérieure de ces muscles est couverte, du côté externe, par le pectorali-axillaire; la postérieure l'est, en haut, par le costali-dorsal, et en bas par une partie du coxali-axillaire.

Les muscles *costali-dorsaux* auxiliaires des releveurs des ailes, sont situés de chaque côté de la portion postérieure des muscles dorsaux et derrière les sternali-dorsaux; ils sont fort inclinés en avant; s'attachent en arrière aux parties latérales du costal, en haut et en avant aux reins de la voûte du dorsum: leurs fibres sont parallèles; celles de la partie qui regarde en bas et en avant sont fort longues, comparées à celles de la

partie supérieure; chacun de ces muscles forme ainsi une espèce de trapezoïde couvert en dehors par les coxali-dorsaux.

Par leur disposition, il est évident que les muscles releveurs, en se contractant, tirent le dorsum de haut en bas et de dehors en dedans; par conséquent, ils tendent à déprimer le tronc et à le comprimer latéralement.

Le muscle *pectorali-axillaire* est puissant, situé tout-à-fait sur le côté du tronc, et fort incliné en avant; mais il penche moins en dehors que les sternali-dorsaux. Ses fibres parallèles réunies en un gros faisceau rond, s'implantent en bas à la partie sternale de la poitrine, entre les hanches mitoyennes et les hanches postérieures, et en haut à la face concave d'une cupule ronde écailleuse, surmontée d'un pédoncule de même nature, quoique souple, qui s'insère vers le milieu de la face concave du pivot. Du côté externe ce muscle est couvert dans sa partie moyenne, et en haut par des vésicules aériennes et par les petits muscles sus-axillaires de la plaque fulcrale; postérieurement il touche au muscle coxali-axillaire. Par sa contraction il tire en dedans, en arrière et en bas le haut du pivot, au moyen de quoi, l'aile est d'abord portée en avant et ensuite rapprochée du tronc; mais la tête du pivot ne rentre guère en dedans que dans l'abaissement des ailes; car, lorsqu'elles s'élèvent, cette partie est retirée en dehors par le seul effet de ce mouvement: donc le muscle pectorali-axillaire n'est point un releveur. De plus, en même temps qu'il abaisse, tire en arrière et fait rentrer en dedans l'extrémité supérieure de la tige du pivot, l'inférieure repousse en dehors le haut de la plaque fulcrale et les côtés de la conque pectorale: donc ce muscle contribue à la dilatation du tronc et ne doit

se contracter, lorsque le vol est commencé, que dans le cas de cette dilatation, et, par conséquent, dans l'abaissement des ailes ; il est ainsi un auxiliaire des abaisseurs. Les sirex géans m'ont offert un muscle tout-à-fait semblable.

Le petit muscle, ou ligament élastique, Γ, attaché à la superficie de sa cupule, chez le hanneton, et qui s'insère à l'apophyse humérale du dorsum, paroît être destiné à rapprocher ces deux parties après la dilatation. Un autre petit muscle ou ligament élastique (le scapuli-axillaire Θ 4), attaché au bord de la partie scapulaire du dorsum, et s'insérant dans le haut de la face interne du pivot, doit rapprocher cette dernière pièce du dorsum lorsqu'elle en a été éloignée.

Les muscles coxali-dorsal et coxali-axillaire appartenant à la hanche postérieure, servent aussi au vol, circonstance où cette hanche est immobile. Nous avons fait connoître les insertions du premier ; quant au second, c'est un faisceau rond et très-long ; son insertion supérieure s'opère sur la face concave d'une cupule solide, tenant à une petite écaille ronde située sur le ligament basilaire, au-dessous et près de l'extrémité postérieure de l'ongulaire ; son extrémité inférieure s'attache sur une espèce de plaque allongée, soutenue par une lame osseuse renfermée dans la hanche postérieure. Ce muscle, qui contribue à l'abaissement de la partie postérieure de l'aile dans le vol, est à proportion beaucoup plus fort chez les buprestes.

Du vol. — Dans l'explication du vol du hanneton qui va suivre, il ne sera question que de ce qui est particulier à l'insecte. Ici, comme chez les oiseaux, le tronc est dilaté lors de l'abaissement des ailes et il est comprimé dans leur élévation; mais dans le hanneton et la plupart des autres insectes, les

muscles du vol n'agissent directement que sur le tronc alifère; conséquemment le mouvement des ailes ne peut s'effectuer que par son intermédiaire : sans sa dilatation, les ailes ne sauroient s'abaisser, de même que, sans sa dépression, elles ne pourroient pas s'élever. Toute l'explication consiste donc à prouver l'existence de ces deux faits et leur influence sur les ailes.

Le costal et la cloison cervicale (qui dans le vol ne peuvent guère être considérés séparément du dorsum), étant d'une écaille dont le ressort est plus facilement mis en jeu que celui des autres parties solides du tronc, et aucun muscle ne s'attachant sur le milieu de leurs faces convexes ou extérieures; tandis que les dorsaux, les plus forts muscles du tronc, s'insèrent sur leurs faces concaves ou intérieures : il est clair que, par la contraction de ces muscles, la convexité des deux pièces est diminuée, et que la largeur et la hauteur du tronc sont augmentées à proportion de cette diminution. En effet, le costal s'appuyant par ses apophyses articulaires aux plaques fulcrales et se recourbant sous le dorsum, ne peut être redressé sans soulever cette partie supérieure du tronc, et sans écarter en même temps la partie postérieure des côtés de la conque pectorale : il en est de même de la cloison cervicale ; nous avons déjà vu comment elle élève et élargit en même temps la portion scapulaire du dorsum.

La force qui tend à abaisser l'aile, ou à projeter en haut le corps de l'insecte, se compose 1°. des effets de la dilatation, soit de l'air intérieur (1), soit des autres substances élas-

(1) L'air intérieur dans le vol devient, soit par la compression, soit par la dilatation, un ressort puissant et le plus léger que la nature puisse employer. M. le professeur de Blainville m'ayant dit récemment qu'il avoit observé dans

tiques qui concourent à porter le tronc en haut; 2°. de la résistance de l'air ambiant, qui a lieu de bas en haut et d'avant en arrière, et qui étant, comme nous l'avons déjà dit, proportionnelle aux masses, aux surfaces et aux vitesses, fait en grande partie équilibre à la pesanteur; 3°. et enfin de l'action des muscles dorsaux.

Lorsque ces muscles se contractent, ils ne paroissent pas avoir de point fixe bien déterminé, puisqu'ils diminuent la convexité des deux pièces auxquelles ils s'attachent. Cependant la partie antérieure du dorsum est plus mobile et cède davantage que le costal, vu que celui-ci tient, par ses apophyses articulaires, avec les côtés de la conque pectorale, que le milieu de son bord supérieur est poussé en arrière par le mouvement du dorsum dans le même sens, et que les muscles costali-furculaires retiennent les parties latérales de son bord inférieur. Voici donc ce qui arrive par la contraction

---

plusieurs espèces d'insectes, particulièrement dans des papillons, une vésicule aérienne particulière fort grande, placée au-dessus du canal alimentaire et très-apparente, surtout en dedans de l'abdomen et près de son origine; je me suis empressé d'examiner, dans des hannetons, des cétoines, des papillons et des mouches, ce fait si favorable à mon opinion sur l'usage de l'air intérieur dans le vol; j'ai eu par là l'occasion de remarquer que, dans le thorax particulièrement, le canal intestinal étoit entièrement environné et protégé par des vésicules aériennes.

Ces observations importantes m'ont suggéré l'idée que, dans les volatiles, l'air intérieur, renfermé et condensé dans des vésicules, avoit pour usage, indépendamment de ses fonctions de ressort, de donner plus de fixité et par conséquent plus de force aux muscles du vol, en les comprimant et en les entourant de toutes parts. Cet air, au moyen des vésicules, fait ainsi avantageusement l'office de gaînes solides, soit autour des muscles, soit autour de leurs faisceaux, sans ajouter sensiblement au poids du volatile; office qui est surtout essentiel pour les muscles dorsaux des insectes, qui en dessous n'ont que des vésicules pour soutien.

des muscles dorsaux. Le dorsum est repoussé en arrière en même temps que le costal est tiré en avant, la membrane ligamenteuse qui unit ces deux pièces est tendue, la convexité du costal et celle du prædorsum sont diminuées, le dorsum est soulevé et bandé lui-même, et enfin ces muscles agissant avec plus de supériorité au milieu et aux extrémités inférieures du prædorsum et du costal, où leurs fibres sont plus longues et où les bras de leviers sur lesquels elles s'exercent sont aussi plus longs qu'ailleurs, ces extrémités sont rapprochées à proportion et le dorsum en est d'autant plus élevé, semblable en cela à un arc dont le centre s'éloigne d'un plan fixe passant par ses extrémités à mesure que celles-ci avancent l'une vers l'autre.

Ainsi, en même temps que les extrémités antérieure et postérieure du dorsum se rapprochent, par l'action de ces muscles, sa voûte se hausse; ses parties latérales s'élevant également, en s'écartant l'une de l'autre, communiquent les mêmes mouvemens aux parties contiguës des osselets radieaux de la base des ailes, aux clavicules thorachiques et par suite à la conque pectorale, dont les côtés se trouvent par là éloignés entre eux plus que dans l'état de repos, le tout favorisé par les muscles pectorali-axillaires de la manière exposée plus haut.

C'est alors que les muscles sternali-dorsaux et costali-dorsaux qui s'insèrent à la voûte du dorsum se trouvent fortement tiraillés.

L'écusson étant tiré en arrière dans cette circonstance et haussé, soit par l'action de ses muscles longitudinaux et le redressement du côté d'en haut de ses apophyses articulaires

courbes, soit en remontant sur le sommet des clavicules scutellaires, contribue aussi par là à l'élévation de la partie antérieure du dorsum à laquelle il est articulé et à l'abaissement simultané des élytres.

Par toutes ces causes, le tronc du corps est dilaté ainsi que l'air intérieur qu'il renferme, vu que son diamètre antéro-postérieur est seul raccourci et que ses deux autres diamètres, le vertical et le transversal sont augmentés, il peut donc recevoir de nouveau fluide. Les humérus et les ongulaires, dont le côté interne (1) est soulevé par le dorsum, se mouvant autour de leurs appuis respectifs comme autour d'un point fixe, baissent leurs parties externes auxquelles tiennent les ailes; mais celles-ci étant arrêtées par la résistance de l'air ambiant, il s'ensuit que c'est l'élévation du thorax qui est la principale cause de leur abaissement, car le tronc alifère se hausse d'une manière subite au moyen de sa dilatation, laquelle a lieu entièrement du côté d'en haut, attendu que les muscles qui l'opèrent n'agissent que sur la région supérieure du tronc.

Cette région supérieure animée par une grande force centrifuge, monte donc emportant l'inférieure, de même qu'un ballon, qui est comprimé sur un plan solide, saute par la dilatation de l'air intérieur du côté libre ou d'en haut, s'il est subitement mis en liberté.

La vibration ascendante de l'abdomen ayant lieu en même temps, il en résulte une force centrifuge propre à détruire

(1) Le côté interne est celui qui est du côté du tronc et en dedans du point d'appui de l'aile; et le côté externe celui qui est en dehors de cet appui et articulé avec les nervures des ailes.

la pesanteur de cette partie qui, par là, ne peut gêner l'ascension particulière du tronc.

Les ailes en s'abaissant sont portées en arrière et leur face inférieure regarde obliquement de ce côté, faculté qui leur est donnée principalement par l'air ambiant, qui ayant plus d'influence sur la partie postérieure de l'aile que sur son bord antérieur, plus ferme et moins libre, fait que celui-ci s'abaissant davantage, le plan de l'aile en reçoit un degré d'obliquité qui, jusqu'à un certain point, peut être favorable à la progression (1).

Au moment où les dorsaux et leurs congénères cessent de se contracter, le tronc, encore soutenu par l'impulsion précédente et par la résistance de l'air, est en état de servir de point d'appui au mouvement par lequel les ailes vont s'élever à leur tour. Toutes les parties tendues des tégumens se débandent à la fois; le dorsum descend en se portant en avant; ses parties latérales et celles de la conque pectorale rentrent en dedans, et le costal ainsi que le prædorsum tendent à s'éloigner l'un de l'autre et à reprendre leur première convexité. Les seules parties du tronc qui restent à peu près stables dans cette circonstance étant le sternum et les côtés du costal, les muscles sternali-dorsaux et costali-dorsaux que la dilatation du tronc a tiraillés, y prennent leurs points fixes afin de seconder par leurs efforts le mouvement général des parties solides imprimé par la force de ressort. Tirant donc en bas et en dedans les côtés du dorsum, ils les rapprochent

(1) J'ai déjà dit ailleurs que le trop de mollesse de la partie postérieure de l'aile fait qu'en général le derrière du corps de ces insectes est mal soutenu dans le vol.

l'un de l'autre plus que dans l'état de repos ; ainsi que les humérus, les côtés de la conque pectorale et les parties latérales des cloisons cervicale et costale ; par là, les parties médianes de ces cloisons s'éloignent, le ligament basilaire et les tégumens sont bandés de nouveau, mais en sens inverse de leur première tension. Alors le diamètre longitudinal du tronc est augmenté seul et ses deux autres diamètres raccourcis; par là, la capacité de la poitrine étant diminuée, l'air intérieur y est condensé et refoulé jusque dans les nervures des ailes qu'il renforce, en même temps qu'il contribue à l'élévation de ces dernières, le tout concurremment avec le liquide qui est poussé en même temps dans la plupart de ces nervures (1). Le dorsum descendant et ses parties latérales se rapprochant, le côté interne des osselets radicaux suit ces mouvemens ; ces osselets se mouvant donc autour de leurs appuis respectifs, leur côté externe s'élève avec l'aile.

Rappelons ici que c'est alors que l'abdomen s'abaisse, se dilate et admet de l'air ambiant dans son intérieur; circonstance qui tend à diminuer l'effet de sa descente ou de la pesanteur.

Les muscles sternali-dorsaux, plus forts en avant qu'en arrière, abaissant davantage la partie antérieure du dorsum que la postérieure, il s'ensuit que les humérus ont par là leur cou plus abaissé que leur base et que les ailes en s'élevant sont inclinées en avant, ce qui augmente la courbe ascen-

(1) Nous avons déjà vu que l'air dégageant du calorique au moment de sa condensation, la chaleur qui en résulte contribue à la dilatation qui a lieu lors de l'abaissement des ailes.

dante qu'elles décrivent dans ce cas et ajoute par là à l'intensité de la force centrifuge qu'elles produisent, force centrifuge propre à entretenir le mouvement du tronc et à l'empêcher de descendre. En cet état, elles sont prêtes à s'abaisser derechef. Dans cette circonstance, les parties médianes du prædorsum et du costal étant éloignées l'une de l'autre, les muscles dorsaux qui s'y insèrent se trouvent tiraillés à leur tour : ce qui a lieu aussi à l'égard des muscles pectorali-axillaires par l'abduction et le redressement des pivots.

Ainsi 1o. le mouvement des ailes en bas et en arrière n'est en grande partie qu'une illusion produite par l'ascension du tronc et des parties contiguës des ailes; 2o. l'air a plus d'influence sur les ailes et le tronc quand ces parties tendent à s'abaisser que lorsqu'elles s'élèvent; 3o. les extrémités de ces ailes et le tronc sont, tour à tour, les parties les plus fixes et les parties les plus mobiles de l'insecte; 4o. en se portant alternativement en haut et en avant et donnant très-peu de prise à l'air, le centre de gravité et les ailes, particulièrement leurs extrémités carpiennes, engendrent une force centrifuge favorable au vol et proportionnelle à leurs masses respectives; 5o. le volatile avançant, soit qu'il abaisse ses ailes, soit qu'il les élève (*ou en élevant, tour à tour, son centre de gravité et ses ailes*), il s'ensuit que la force centrifuge capable de l'emporter est continuelle en lui et que son mouvement progressif dans l'atmosphère, s'il n'est point uniforme, n'est pas du moins interrompu par des intervalles de repos; 6o. et enfin, ses ailes sont toujours mues comme des leviers du second genre par la force centrifuge, que cette force se manifeste à leurs extrémités ou à leurs bases.

CHAPITRE III.

Des Libellules. — (Voyez les planches 5, 6, 7, 8 et 9.)

Les libellules ne ressemblent à aucun autre insecte par l'organisation, tant extérieure qu'intérieure, de leur tronc alifère; 1°. leurs quatre ailes sont fermes et élastiques dans toutes leurs parties et paroissent formées d'une écaille transparente extrêmement mince, soutenue par un réseau de nervures; elles sont, de plus, à peu près égales; car s'il arrive que les antérieures soient plus longues que les postérieures, celles-ci sont alors plus larges, surtout du côté de leurs bases où elles se portent fort en arrière: en outre ces ailes se trouvent dans le même plan et chacune est soudée à sa base, laquelle exerce les fonctions d'humérus; ce qui fait que ne pouvant ni se plier l'une sur l'autre dans le repos, ni s'accrocher dans le vol, ces ailes sont toujours ouvertes et leurs plis ne sont point susceptibles de changemens très-sensibles; 2°. la base de chaque aile est divisée suivant sa longueur et celle de l'aile (ou dans le sens transversal du tronc), en deux portions, l'une antérieure ou *radiale*, et l'autre postérieure ou *cubitale*, ayant un léger mouvement autour de leur jointure: on peut y reconnoître des osselets radicaux soudés ou articulés soit aux ailes, soit aux dorsum; 3°. chaque paire d'ailes a ses muscles particuliers du vol, et les deux segmens alaires sont à peu près semblables en grandeur et

en composition extérieure et intérieure ; en conséquence, n'ayant aucun besoin d'entrer l'un dans l'autre, ainsi qu'on le voit chez les insectes qui, pour leurs quatre ailes, n'ont qu'un seul système de muscles du vol, ils sont unis intimement ensemble, excepté en dessus; 4°. la partie supérieure du tronc alifère est retirée en arrière et l'inférieure portée en avant, conformément à la disposition des muscles du vol, remarquable en ce qu'ils sont aussi tous inclinés en arrière, et en ce que les abaisseurs agissent immédiatement sur les ailes : un tel arrangement étoit indispensable afin de contrebalancer dans le vol la longueur excessive de l'abdomen concurremment avec les ailes postérieures, et suppléer à la légèreté du prothorax. C'est, je pense, cette même longueur de l'abdomen qui a nécessité de mettre près du tronc les principales parties des organes de la digestion et de la génération, placées à l'extrémité opposée de l'abdomen, ces parties agissant alors par leur poids sur un très-long bras de levier, eussent fait culbuter l'insecte. D'ailleurs l'abdomen étant destiné, en se resserrant et en s'élevant tout à coup, à refouler l'air dans le tronc alifère et à produire en même temps un certain degré de force centrifuge ascendante, si son extrémité, qui est considérablement éloignée du centre de mouvement, avoit été trop pesante, la puissance musculaire n'auroit pu faire exécuter ce mouvement important; 5°. toute la partie postérieure du ventre porte en dessous de grands plis longitudinaux qui se resserrent et s'étendent alternativement dans la respiration ; les tégumens inférieurs de cette partie sont à cet effet beaucoup plus souples que les supérieurs : cependant la partie inférieure du premier anneau de

l'abdomen qui s'appuie contre le sternum et s'y articule est d'une écaille dure et élastique.

Nous ferons encore remarquer d'autres anomalies à mesure qu'elles se présenteront.

Il y a peu d'insectes de nos contrées qui aient le tronc alifère aussi gros que celui des grandes libellules appelées *æshnes* dont le vol est à la fois facile, rapide et de très-longue haleine. Leurs tégumens sont d'une écaille mince et néanmoins ferme et élastique; ceux du tronc alifère sont presque partout séparés des muscles du vol par des cellules aériennes disposées avec symétrie et fort grandes surtout à la partie antérieure du tronc. Leur prothorax est petit et ne paroît prendre que peu de part au vol, ce qui rend ses mouvemens et ceux de la tête presque indépendans des mouvemens de la poitrine. L'abdomen, au contraire, mu en haut par de forts muscles, doit participer au vol soit par la force centrifuge qu'il est en état d'engendrer en se haussant subitement lors de l'élévation du tronc, soit par l'air qu'il introduit dans la poitrine en se resserrant tout à coup dans cette circonstance. Se dilatant ensuite et admettant de nouvel air dans son intérieur lorsque les ailes s'élèvent à leur tour, il diminue par là les effets de sa descente.

J'ai nommé *front* le devant du tronc alifère à cause de sa ressemblance avec la partie antérieure de la tête de quelques animaux.

La *conque pectorale* paroît être d'une seule pièce; mais ses deux moitiés latérales ne sont jointes intimement que sous la poitrine; au-devant, elles tiennent l'une à l'autre par le moyen d'une membrane étroite et souple (*membrane interfron-*

tale); en haut, par l'intermédiaire d'autres membranes, des dorsum, des bases des ailes et de plusieurs pièces qui en dépendent; et finalement derrière par l'intermède du premier anneau de l'abdomen. Cette conque est soutenue par une charpente intérieure dont les principales pièces s'élevant de bas en haut, sont les quatre appuis des ailes (*nervures fulcrales*), et ensuite les nervures larges, plates et contournées parallèlement à la paroi sternale qui terminent en bas ces appuis, et sur lesquelles s'attache l'extrémité inférieure des muscles du vol. D'autres nervures moins considérables partant en haut de ces appuis, règnent le long de tous les bords libres des deux moitiés de cette conque, et les fortifient; elles se terminent au-devant du tronc par deux lignes presque droites, verticales, saillantes en dehors, unies entre elles lâchement par la membrane interfrontale et descendant jusqu'à l'arête transversale située au bas du front et au-dessus des stigmates antérieurs (voyez pl. 7, fig. 4). La saillie de ces nervures verticales doit garantir la membrane inter-frontale des atteintes extérieures. En arrière, les nervures marginales descendent obliquement vers le tiers inférieur du premier anneau du ventre, où elles concourent à la formation de deux apophyses qui servent à l'articulation en ginglyme du tronc avec l'abdomen; se courbant ensuite elles viennent finir sur la partie postérieure de la poitrine.

En haut et en arrière, les tégumens écailleux du tronc se recourbent et dépassent les nervures sur plusieurs points, où une élasticité facile à émouvoir est nécessaire, pour s'unir immédiatement aux membranes souples qui entourent la base des ailes et les autres pièces solides de la superficie du

tronc, et afin de diminuer l'étendue de ces membranes et de les soutenir. Ces nervures marginales s'épaisissent et deviennent plus denses et plus dures en se liant aux appuis des ailes et en se contournant au-devant d'eux et au-devant du bord antérieur de la base des ailes ; bornant de ce côté le mouvement de celles-ci, et les protégeant ainsi que les membranes intermédiaires. Au-devant de chaque appui, elles laissent des espaces circulaires pour le passage et le libre mouvement des tendons des muscles abaisseurs antérieurs des ailes ; et afin que ces tendons et les membranes fines qui les couvrent soient défendus le mieux possible de toute impression fâcheuse de la part des corps étrangers, surtout pendant les mouvemens des ailes, la nervure *s'élève* en cet endroit et forme un ou deux tubercules très-durs que j'appelle *corne*. J'ai nommé *frontal* toute la portion de nervure située entre les cornes, protégeant antérieurement la base des ailes ; et *plate-forme* l'espace demi-circulaire qui est au-devant du frontal dont l'écaille est ordinairement d'un vert foncé, entouré antérieurement d'une nervure brune hérissée de petites épines et divisé en deux parties égales et semblables par la membrane inter-frontale. Cette partie doit être considérée, selon moi, comme une pièce avancée propre à la défense.

Le devant des bases de la paire d'ailes postérieures présente pour la même fin des pièces analogues, mais différentes de forme, vu que leur position n'est pas la même.

Les deux moitiés latérales de la conque pectorale ont, dans le vol, un mouvement de ressort autour de la ligne longitudinale du sternum ; elles s'écartent en haut dans l'abaisse-

ment des ailes comme les panneaux d'un soufflet, et se rapprochent en partie spontanément lorsque celles-ci s'élèvent. Dans le premier cas, les nervures verticales du front s'écartent, découvrent la membrane inter-frontale et l'étendent; dans le second, les nervures se touchent, la membrane se plie en dedans et disparoît en partie.

Les deux raies creuses, de couleur foncée, inclinées en arrière, que l'on voit de chaque côté de la conque pectorale, et qui aboutissent sous les ailes, sont chacune la marque extérieure des nervures fulcrales très-saillantes en dedans, dont le bord, libre ou interne, se recourbe en arrière en forme d'ourlet; chacune porte en haut une plaque large, légèrement concave en dedans, et bifurquée, dirigée dans le sens longitudinal, fortifiée par des nervures particulières, et s'inclinant, ou se courbant en dedans pour se rapprocher de sa correspondante du côté opposé; elle forme, avec la nervure fulcrale, l'appui de l'aile; un petit muscle ou ligament élastique transversal s'attache à sa bifurcation (pl. VI, fig. 2 et 3).

Dans la projection du tronc en haut, les deux appuis de chaque paire d'ailes, en s'écartant l'un de l'autre, doivent se redresser un peu du dedans en dehors; c'est le contraire quand les ailes s'élèvent, ils se rapprochent alors, et les nervures fulcrales sont courbées en dedans et de haut en bas. Comme ces pièces sont alternativement écartées et rapprochées l'une de l'autre dans le vol, plus que dans l'état de repos, elles sont, dans chaque cas, tendues et débandées, de même qu'un ressort en vibration se bande à la suite du même mouvement par lequel il se détend, en se portant toujours au-delà de sa position d'équilibre. L'extrémité de la branche posté-

rieure de l'appui de l'aile donne attache, par l'intermédiaire d'une petite écaille et d'un ligament, à un muscle court assez fort et contenu dans la portion cubitale de la base de l'aile (on peut l'appeler *fulcro-basilaire*).

La face postérieure de la nervure fulcrale est concave, probablement afin de réunir la solidité avec la légèreté ; il importe, sans doute, que l'appui de l'aile soit en état de résister à l'action puissante des muscles, et que s'il fléchit, il puisse se rétablir promptement et spontanément par sa force de ressort. C'est le long de cette face concave que se loge le second abaisseur de l'aile.

Les deux segmens alaires n'ont qu'un seul sternum où s'attachent les extrémités inférieures des muscles releveurs de chaque paire d'ailes, et aux deux côtés duquel sont les ouvertures servant pour l'articulation des quatre dernières jambes.

De la partie postérieure de la ligne sternale s'élèvent deux lames écailleuses semblables, élastiques, longues, minces et étroites ; s'élargissant en forme d'oreille à leur extrémité supérieure, placées l'une à côté de l'autre et fort inclinées en arrière dans la direction des muscles releveurs de l'abdomen auxquels elles servent de tendons inférieurs. Plus en arrière et au-dessous de ces premiers tendons sont ceux, également écailleux, des muscles qui abaissent l'abdomen, muscles moins puissans que les releveurs.

La distinction des deux segmens alaires, peu apparente à l'extérieur de la conque pectorale, est beaucoup mieux marquée dans la partie dorsale du tronc, où chaque paire

d'ailes a son dorsum particulier muni d'appendices postérieurs et latéraux.

Les deux dorsum (1) ne sont pas plus élevés l'un que l'autre; mais ils diffèrent par la figure et les dimensions ; tous deux ont leur portion principale ou médiane, relevée en bosse (*relief du dorsum*), dont les côtés sont susceptibles de s'écarter et de se rapprocher légèrement et tour à tour dans le vol. Le relief du premier dorsum est de figure pentagonale, allongée dans le sens de la longueur du tronc; moins large devant que derrière, et ayant sa partie antérieure courbée en bas. Le relief du second ayant ses côtés arrondis et portant en dessus deux tubercules ovoïdes placés l'un à côté de l'autre, prend la forme d'un cœur.

Les bords latéraux de la moitié antérieure de ces portions en relief, après s'être recourbés en bas, forment un pli, se relèvent et se recourbent de nouveau en dehors pour s'articuler de chaque côté avec le bord interne de la portion radiale de la base de chaque aile; j'appelle *lame humérale* cette partie écailleuse articulaire ; elle est élastique et plus haute devant que derrière; la surface supérieure de son rebord externe est concave, afin de recevoir, dans l'élévation de l'aile, l'extrémité interne et convexe de la portion radiale articulaire de la base de cette aile : celle-ci s'appuyant alors sur ce rebord, pousse en bas la lame humérale et contribue, par son intermédiaire, à faire descendre le dorsum, particulièrement sa partie antérieure. (Pl. 5, fig. 1re, D, *h*, *r*, *q*, *e*, *f*, *t*, etc.)

(1) *Scutum*. A.

A l'extrémité postérieure du rebord articulaire de cette lame est une apophyse horizontale, pointue, pénétrant sous la partie postérieure de la portion radiale de la base de l'aile et donnant à son extrémité insertion à un muscle des pattes.

La lame humérale s'écarte en haut du dorsum, lorsque celui-ci se hausse dans l'abaissement des ailes; elle s'en rapproche dans la circonstance contraire (pl. 5).

Les branches basculaires, quoique soudées à la partie postérieure de chaque dorsum, sont très-reconnaissables (pl. 5).

Il existe une lame écailleuse transversale, tenant au rebord antérieur du premier dorsum, et allant d'une aile à l'autre sur le même alignement que le devant de leurs bases; je la nomme *cloison transverse*; son milieu, plus bas que les extrémités, s'élève néanmoins au-dessus du niveau de la superficie du dorsum. Elle est convexe du côté qui regarde en avant, et concave du côté opposé, et paroît exercer des fonctions analogues, quant à sa propriété élastique seulement, à celles de la cloison cervicale de quelques autres insectes, ou bien à celles de la fourchette des oiseaux; se courbant davantage en s'abaissant et se portant en avant dans l'élévation des ailes, s'ouvrant, se haussant et revenant en arrière, en partie spontanément par la force du ressort, lors de leur abaissement.

Dans le pli même du coude formé en devant à la rencontre de la cloison transverse et de la lame humérale, est une grosse nervure ronde assez saillante (*nervure humérale*), s'articulant en haut avec la partie antérieure de la portion radiale de la base de l'aile : elle porte à son extrémité articulaire

une apophyse en forme d'olécrane propre à borner le mouvement de l'aile du côté d'en haut lors de son élévation.

C'est au rebord supérieur et extérieur de la cloison transverse que s'attache en arrière la membrane inter-frontale ; le bord inférieur de cette cloison, dont le milieu descend fort bas, est, par conséquent, dans l'intérieur du tronc.

Le devant du dorsum des ailes postérieures présente aussi une cloison transverse, mais différente par la forme.

Au-devant du relief du premier dorsum est une cavité profonde, verticale, oblongue, dont l'ouverture extérieure assez large, diminue considérablement en descendant ; ses parois assez flexibles dans les angles, figurent dans l'intérieur du tronc et dans sa ligne médiane une apophyse pointue et courbe, dont la concavité regarde en arrière (*apophyse onguiculée*) ; elle est large dans le sens antéro-postérieur, étroite dans le sens transversal, et descend fort bas au-devant des deux premiers muscles abaisseurs des ailes. Sa partie antérieure est formée par le prolongement du milieu du bord inférieur de la cloison transverse ; et la postérieure par le prolongement du rebord antérieur du dorsum. Son diamètre longitudinal augmente, et le transversal diminue à proportion dans l'élévation des ailes ; c'est le contraire quand celles-ci s'abaissent. A son extrémité s'attachent deux petits muscles ou ligamens élastiques qui vont s'insérer par de forts et longs tendons et en s'écartant l'un de l'autre de manière à figurer un angle sous le rebord de la partie transverse du dorsum postérieur. Leur position peut les faire considérer comme des rudimens des muscles dorsaux. Par leur contraction, les

deux dorsum sont rapprochés, et la convexité de la cloison transverse doit être diminuée. (Pl. 7, fig. 5, *r'*, *m m.*) On voit aussi extérieurement au dorsum postérieur, près de sa cloison transverse, une petite cavité formant en dessous et dans l'intérieur du tronc, un rudiment d'apophyse onguiculée, mais ne donnant attache à aucun muscle.

Les bords recourbés de la partie postérieure du relief du dorsum ne se relèvent point comme ceux de sa moitié antérieure; mais, de chaque côté de la base du relief, une partie de ces rebords soutenue par deux nervures, s'étend entre elles presque horizontalement en forme de panneau triangulaire, et s'articule librement et latéralement par son bord externe avec la portion cubitale de la base de l'aile correspondante. On voit que ce panneau fait en quelque sorte l'office de l'ongulaire chez les autres insectes (pl. 5, *k*).

C'est aux angles formés à l'intersection des côtés latéraux et postérieurs du dorsum que se trouvent de fortes apophyses pointues, cornées, dures, s'articulant sous la partie antérieure de la portion cubitale de la base de chaque aile, et exerçant ainsi les fonctions de branches basculaires (pl. 5, *i*).

Les deux côtés postérieurs du relief figurent, dans la ligne médiane, un angle arrondi saillant en arrière, dans l'intérieur duquel s'attachent des ligamens élastiques; les nervures qui soutiennent les panneaux du dorsum y prennent leur origine; les deux antérieures terminées par des apophyses forment les branches basculaires dont nous venons de parler; les deux postérieures, ridées transversalement et renfermant les ligamens élastiques désignés ci-dessus, sont par là ré-

tractives et propres à retirer un peu et spontanément les ailes en arrière.

Les cupules de nature écailleuse servant à l'insertion supérieure des muscles releveurs des ailes, s'attachent en dessous au pli inférieur des rebords latéraux de la moitié antérieure de chaque dorsum. De petits muscles, ou ligamens élastiques, transversaux, fixés à la partie antérieure des côtés externes de ces cupules, vis-à-vis les appuis des ailes et s'insérant à leur bifurcation, doivent, dans l'élévation des ailes, rapprocher par le haut les deux moitiés latérales de la conque pectorale (pl. 7, fig. 5, *a*).

Les dorsum, en abaissant davantage leur partie antérieure que la postérieure, font incliner les ailes en avant lors de leur élévation; tout le contraire arrive lorsqu'elles s'abaissent; alors les dorsum haussant surtout leur partie antérieure étendent les lames humérales qui dirigent les ailes en arrière tout en les abaissant.

Outre les deux dorsum on trouve à la partie supérieure du tronc *la plaque tuberculeuse et la plaque abdomino-dorsale ;* pièces qui ne donnent attache à aucun muscle et couvrant seulement des vésicules aériennes. Les muscles du vol ayant dans les libellules une disposition toute particulière ne s'attachent point à des demi-cloisons transversales comme chez les autres insectes; cependant ces dernières n'en existent pas moins, mais elles ont reçu une autre destination, et c'est elles que nous venons de nommer et que nous allons décrire. La plaque tuberculeuse (pl. 5, *o o o*) située entre les deux dorsum, est formée de trois tubercules disposés symétriquement entre eux, et jouissant dans leurs jointures d'un léger

deux dorsum sont rapprochés, et la convexité de la cloison transverse doit être diminuée. (Pl. 7, fig. 5, *r'*, *m m*.) On voit aussi extérieurement au dorsum postérieur, près de sa cloison transverse, une petite cavité formant en dessous et dans l'intérieur du tronc, un rudiment d'apophyse onguiculée, mais ne donnant attache à aucun muscle.

Les bords recourbés de la partie postérieure du relief du dorsum ne se relèvent point comme ceux de sa moitié antérieure; mais, de chaque côté de la base du relief, une partie de ces rebords scutenue par deux nervures, s'étend entre elles presque horizontalement en forme de panneau triangulaire, et s'articule librement et latéralement par son bord externe avec la portion cubitale de la base de l'aile correspondante. On voit que ce panneau fait en quelque sorte l'office de l'onguláire chez les autres insectes (pl. 5, *k*).

C'est aux angles formés à l'intersection des côtés latéraux et postérieurs du dorsum que se trouvent de fortes apophyses pointues, cornées, dures, s'articulant sous la partie antérieure de la portion cubitale de la base de chaque aile, et exerçant ainsi les fonctions de branches basculaires (pl. 5, *i*).

Les deux côtés postérieurs du relief figurent, dans la ligne médiane, un angle arrondi saillant en arrière, dans l'intérieur duquel s'attachent des ligamens élastiques; les nervures qui soutiennent les panneaux du dorsum y prennent leur origine; les deux antérieures terminées par des apophyses forment les branches basculaires dont nous venons de parler; les deux postérieures, ridées transversalement et renfermant les ligamens élastiques désignés ci-dessus, sont par là ré-

tractives et propres à retirer un peu et spontanément les ailes en arrière.

Les cupules de nature écailleuse servant à l'insertion supérieure des muscles releveurs des ailes, s'attachent en dessous au pli inférieur des rebords latéraux de la moitié antérieure de chaque dorsum. De petits muscles, ou ligamens élastiques, transversaux, fixés à la partie antérieure des côtés externes de ces cupules, vis-à-vis les appuis des ailes et s'insérant à leur bifurcation, doivent, dans l'élévation des ailes, rapprocher par le haut les deux moitiés latérales de la conque pectorale (pl. 7, fig. 5, *a*).

Les dorsum, en abaissant davantage leur partie antérieure que la postérieure, font incliner les ailes en avant lors de leur élévation; tout le contraire arrive lorsqu'elles s'abaissent; alors les dorsum haussant surtout leur partie antérieure étendent les lames humérales qui dirigent les ailes en arrière tout en les abaissant.

Outre les deux dorsum on trouve à la partie supérieure du tronc *la plaque tuberculeuse et la plaque abdomino-dorsale ;* pièces qui ne donnent attache à aucun muscle et couvrant seulement des vésicules aériennes. Les muscles du vol ayant dans les libellules une disposition toute particulière ne s'attachent point à des demi-cloisons transversales comme chez les autres insectes; cependant ces dernières n'en existent pas moins, mais elles ont reçu une autre destination, et c'est elles que nous venons de nommer et que nous allons décrire. La plaque tuberculeuse (pl. 5, *o o o*) située entre les deux dorsum, est formée de trois tubercules disposés symétriquement entre eux, et jouissant dans leurs jointures d'un léger

mouvement, afin de se prêter, en s'écartant et en se rapprochant alternativement, à la dilatation et à la constriction du tronc : elle couvre un espace intérieur séparant les muscles du vol de chaque segment et occupé entièrement par des trachées et des cellules aériennes; enfin elle est liée à l'un et à l'autre dorsum par ses bords antérieur et postérieur au moyen de fortes membranes ligamenteuses, et se joint aussi aux bords supérieurs de la conque pectorale et aux bases des ailes par l'intermédiaire d'autres membranes (*membranes inter-basilaires*). (Pl. 5, *pp x*.)

La plaque abdomino-dorsale (pl. 5, *y*) qui sépare le dorsum postérieur du ventre couvre aussi des vésicules aériennes; elle est simple, tenant au dorsum et à la partie supérieure du premier anneau de l'abdomen par de fortes membranes, se recourbant de haut en bas, et en dessous d'arrière en avant comme un ressort, et se redressant alternativement par les mouvemens verticaux de l'abdomen.

Les membranes inter-basilaires qui lient la plaque tuberculeuse à la conque pectorale s'enflent et s'affaissent alternativement, au moyen de l'air que l'abdomen introduit dans le tronc en se resserrant. Comme ces membranes couvrent un espace considérable, compris entre les bases des deux paires d'ailes, et qu'elles pourroient être déchirées par le mouvement vif de la partie postérieure et membraneuse, *m*, des ailes antérieures, la nature y a pourvu en couvrant d'une petite écaille ronde en forme de ménisque, *p*, la partie des membranes la plus exposée aux frottemens de l'aile; de manière cependant à laisser libre le mouvement respiratoire dont nous avons parlé. Ces ménisques portent du côté externe

une espèce de pédicule par lequel ils se lient avec le bord supérieur de la conque pectorale : c'est autour de cette articulation que s'opère leur mouvement, lequel a quelques rapports avec celui du panneau supérieur d'un soufflet ; partout ailleurs ces ménisques tiennent très-librement aux membranes inter-basilaires.

Les membranes latérales qui unissent la plaque abdomino-dorsale à la partie postérieure des bords supérieurs de la conque pectorale (ZZ, pl. 5), ont aussi des battemens qui répondent aux mouvemens de l'abdomen ; comme elles sont suffisamment défendues par le renflement du ventre, elles n'ont point comme les membranes inter-basilaires, d'écailles spéciales pour les protéger.

Des ailes (pl. 5). Ces ailes ont cela de particulier 1°. qu'elles sont fermes et très-élastiques ; 2°. que les tubes formant leurs nervures, sont, la plupart, aussi solides au-dessous qu'en dessus ; c'est ce qui est certain surtout à l'égard du bord antérieur ; 3°. que l'aile postérieure près de sa base s'étend fort en arrière et se recourbe même en bas, ce qui la rend propre à soutenir le poids de l'abdomen et à maintenir le corps dans une situation horizontale durant le vol ; 4°. et enfin, qu'elles sont soudées à leurs bases ainsi que plusieurs osselets radicaux ; quelques uns de ces derniers sont aussi unis intimement aux dorsum.

Ayant toujours vu le stigmate ou *le point de l'aile*, rempli de liquide (voy. l'*introduction*), et l'intérieur des nervures, ou tubes des ailes, présentant un aspect humide et beaucoup plus d'étendue que ne peut en occuper la trachée aérienne qui parcourt ces tubes, je suis porté à croire qu'un liquide s'in-

troduit dans les nervures, particulièrement dans la première et la troisième, et environne leurs trachées, lors de l'élévation des ailes; liquide qui doit rentrer dans le tronc en partie quand ces mêmes ailes s'abaissent.

La première nervure de l'aile, ou le bord externe (*nervure radiale*), en se contournant sur elle-même, forme la portion radiale de la base de l'aile; et la première *nervure cubitale*, aussi très-considérable et qui est la troisième de l'aile, en se divisant en deux branches du côté de sa racine, produit la seconde portion de cette base. Tenant ainsi aux nervures de l'aile, la base, ou l'humérus, n'a point de mouvemens particuliers tout-à-fait indépendans; mais ses deux portions, susceptibles d'être séparées facilement, ont, dans le vol, un léger mouvement l'une sur l'autre qui se communique nécessairement à l'aile. Chaque portion s'appuie sur la branche de l'appui de l'aile qui lui correspond (pl. 6 et 8, *f g*), de manière que la base en est partagée en deux bras de leviers à peu près égaux; un en dedans de l'appui, ou interne, auquel s'attachent les releveurs de l'aile par l'intermède du dorsum et de la lame humérale (*h i*), et l'autre en dehors de l'appui, ou externe, donnant insertion immédiate aux muscles abaisseurs (*c c e*). Par cette disposition, le mouvement de la base de l'aile dans le vol est absolument celui du fléau de la balance.

Le bord postérieur de cette base étant assez éloigné de l'appui, il en résulte de ce côté un troisième bras de levier antéro-postérieur, au moyen duquel, et des petits muscles externes et internes qui s'insèrent à ce bord (pl. 9, fig. 9 et 10, *g h*, *g' h'*), la base, et l'aile avec elle, sont mues de

haut en bas autour d'un axe fictif transversal; et l'aile, dans son élévation, peut avoir son bord antérieur tourné obliquement en haut. C'est dans l'intérieur de la portion cubitale de la base qui s'étend en arrière au-delà de l'appui, que se trouve le muscle *fulcro-basilaire*, déjà indiqué (pl. 1, *d*), lequel est dirigé dans le sens longitudinal, s'attachant au bord postérieur de cette portion, et s'insérant à l'extrémité supérieure *f* de la dernière branche de l'appui, ainsi qu'à d'autres parties intérieures de la base par l'intermédiaire d'une petite cupule écailleuse qui y est fixée. — Ce muscle très-court et fort, composé de plusieurs faisceaux de fibres, doit rapprocher les deux portions de la base, faire glisser un peu la postérieure sous l'antérieure, de manière à élever le bord postérieur de l'aile dans l'abaissement de celles-ci, mouvement qui est d'ailleurs favorisé par la bifurcation et l'échancrure supérieure de l'appui. — Nous avons déjà vu de quelle manière le côté interne de chaque portion s'articule avec le dorsum.

Les bases de la première paire d'ailes ont, par rapport à la ligne médiane, une position oblique, de manière que la partie antérieure de leur côté interne est plus près de cette ligne que la partie postérieure; c'est le contraire pour les bases de la seconde paire; par là les ailes du même côté sont moins exposées à se toucher dans le vol. Les membranes interbasilaires et circombasilaires donnent à ces bases la faculté de se mouvoir librement en tout sens avec toute la région supérieure du tronc.

Les muscles du vol sont très-forts; ils occupent avec le tube intestinal une grande partie de l'intérieur du tronc;

tous sont environnés d'une pellicule noirâtre et de cellules aériennes grandes, nombreuses et disposées symétriquement, qui remplissent les vides; tous s'insèrent en haut aux côtés concaves de cupules écailleuses. Par ce moyen, les surfaces d'insertion se trouvent augmentées, en occupant le moins de place possible. Ces cupules sont surmontées chacune d'un pédoncule ou tendon, aussi de nature écailleuse, qui chez les abaisseurs est souple, délié, couvert par des membranes, et s'attache immédiatement à la base de l'aile. Etant cylindroïdes, environnés d'une pellicule, inclinés à peu près également en arrière, et les abaisseurs agissant immédiatement sur les ailes, ces muscles n'ont presque aucun rapport dans leur forme, leur disposition et leur manière d'agir avec les muscles analogues des autres insectes (pl. 7, 8 et 9, fig. 5, 6, 7, 8, 9 et 10).

Les 4 releveurs des ailes (*sternali-dorsaux*, ou *constricteurs*), un pour chaque aile, et parfaitement séparés entre eux, sont à faisceaux doubles et placés au milieu du tronc; les abaisseurs ou *pectoraux*, plus forts, mais plus courts, sont au nombre de 8, 2 pour chaque aile, et situés l'un derrière l'autre sur les côtés du tronc.

Il y a 12 *petits muscles auxiliaires* des *pectoraux*; chaque aile en a 3, 1 au-devant du premier pectoral et 2 derrière le second. Chaque releveur a pour congénères les 3 muscles de la jambe qui lui correspond, ce qui fait aussi 12 en tout. Ajoutons les 4 petits muscles, ou ligamens élastiques transversaux, s'insérant à la bifurcation des appuis des ailes; les 2 petits muscles, ou ligamens élastiques, de l'apophyse onguiculée, les 4 fulcro-basilaires contenus dans les portions

cubitales des bases des ailes, et enfin les 2 muscles releveurs de l'abdomen, et ses 2 abaisseurs, lesquels prennent plus ou moins de part au vol, et on aura tous les muscles, montant à 50, concernant ce mouvement progressif, que j'ai pu découvrir dans l'intérieur du tronc alifère. Cette partie en renferme sans doute d'autres qui m'ont échappé par leur petitesse, ou que j'ai négligés, comme n'ayant que des rapports éloignés avec le mouvement des ailes, tels que ceux qui meuvent les valvules des stigmates, etc.

Tous ces muscles abaisseurs et releveurs, formés de faisceaux parallèles de même longueur qu'eux, tirent à peu près suivant la direction de ces fibres et de ces faisceaux, qui est aussi celle du mouvement qu'ils impriment. Ainsi, aucune obliquité ou divergence ne leur fait perdre la moindre partie de leurs forces qui, restant intactes, sont très-considérables; et enfin tous agissent sur les ailes médiatement ou immédiatement, comme sur des leviers du premier genre, ce qui ajoute encore à leurs avantages.

Les muscles *pectoraux* sont presque plats; le plus long diamètre des pectoraux antérieurs de chaque paire d'ailes est transversal, celui des autres est longitudinal. Le premier pectoral de l'aile antérieure s'implante en bas sur une large nervure concave, située latéralement sur le devant de la poitrine; son tendon supérieur, ou celui de sa cupule, s'insère sous la partie antérieure, externe et arrondie de la base de l'aile (*c*, pl. 7); le *second pectoral* s'attache sur une arête aussi concave, large, horizontale et longitudinale, située en bas sur le côté de la région sternale de la poitrine, entre les deux nervures fulcrales : en haut il s'insère sous la première

nervure cubitale (la troisième de l'aile), à l'origine de la base et en dehors de l'appui de l'aile. Les tendons supérieurs de ces muscles tiennent aux membranes axillaires par une sorte de tissu cellulaire.

L'insertion supérieure des muscles pectoraux de l'aile postérieure est absolument la même que celle des muscles analogues de l'aile antérieure, et l'attache inférieure en diffère trop peu pour nous y arrêter.

Le petit muscle antérieur de chaque aile, auxiliaire des abaisseurs, est, pour ainsi dire, collé sur le devant du pectoral antérieur; il s'insère aussi dans une cupule : son tendon de nature écailleuse grêle, et très-long, passe dans une échancrure faite à la cupule de ce pectoral, et, s'insérant à la portion radiale de la base de l'aile très-près de son bord antérieur et externe, il indique clairement, par là, que sa destination est de tourner le devant de l'aile vers en bas, quand elle s'abaisse. Les deux autres petits muscles auxiliaires des pectoraux (pl. 8, fig. 8, *g h;* pl. 9, *g h;* et pl. 8, *e*) qui s'insèrent tout-à-fait au bord postérieur de la base de l'aile, en dehors de l'extrémité articulaire de l'appui, tirent en bas et en arrière la portion cubitale de la base et l'aile avec elle; par là ils favorisent aussi la dilatation du tronc.

Les muscles *sternali-dorsaux* des deux paires d'ailes (pl. 7, fig. 7, SD, SD) plus longs que les abaisseurs se ressemblent beaucoup ; mais les postérieurs m'ont paru plus inclinés en arrière que les premiers : ils sont plats et leur plus grande largeur est dans le sens longitudinal ; s'attachant en bas des deux côtés de la crête sternale, entre les ouvertures pratiquées à la paroi sternale de la poitrine pour le passage

des muscles des quatre dernières jambes, et s'insérant en haut, par l'intermédiaire de leurs cupules écailleuses, aux plis formés sous la moitié antérieure de chaque dorsum, à la jonction des rebords latéraux de ces derniers avec les lames humérales. Chacun d'eux joint son congénère en bas, mais il s'en écarte en haut pour le passage de l'œsophage et de quelques autres vaisseaux, et afin de pouvoir mieux rétrécir le tronc en abaissant le dorsum et rapprochant ses parties latérales.

On doit compter comme auxiliaires du releveur de chaque aile, les trois principaux muscles de la jambe correspondante à cette aile et renfermés dans le tronc ; ils sont placés entre ce releveur (*sternali-dorsal*) et le second pectoral de chaque aile; deux sont en dehors, l'antérieur s'insère en haut à l'apophysé postérieure du rebord supérieur de la lame humérale, et le postérieur du côté interne de la portion cubitale de la base de l'aile, tout-à-fait à la pointe antérieure de la racine de la première nervure cubitale, sous la membrane souple qui se trouve à cette pointe; enfin, le troisième muscle de la jambe situé plus en dedans, entre les deux premiers et le sternali-dorsal, paroît avoir la même insertion supérieure que celui-ci. Quand ces muscles des jambes exercent leurs fonctions d'auxiliaires, ils prennent leurs points fixes en bas.

Les muscles releveurs des ailes ont l'initiative dans le vol; non-seulement ils élèvent les ailes en opérant en même temps le resserrement du tronc, mais ils bandent plusieurs parties de l'enveloppe écailleuse de celui-ci, de la manière dont nous l'expliquerons bientôt.

Les muscles *releveurs de l'abdomen* s'attachant en bas au

sternum par l'intermède de tendons écailleux, et s'insérant à des apophyses du premier anneau de l'abdomen placées fort au-dessus de l'articulation de cet anneau avec le tronc, reçoivent de cet éloignement un accroissement de force proportionnel à la longueur du bras de levier sur lequel ils agissent. Ainsi, l'abdomen élevé rapidement en même temps que le tronc par des muscles assez forts agissant sur un long bras de levier, se procure une force centrifuge ascendante très-propre à diminuer la pesanteur.

Du vol. — Le mécanisme du vol des libellules a beaucoup de rapports avec celui des oiseaux. Supposons l'insecte au milieu de l'air ayant ses ailes élevées par la contraction des muscles sternali-dorsaux dont les points fixes sont alors au sternum; dans ce cas, le tronc du corps se trouve soutenu dans l'atmosphère par un reste de la force de projection ascendante, produite à l'occasion de l'abaissement des ailes et par la résistance de l'air à son mouvement en avant qui est encore rapide; il l'est aussi par la force centrifuge ascendante qui anime les ailes et par la dilatation de l'abdomen; les muscles pectoraux qui ont leurs attaches supérieures aux ailes, se trouvant par là fortement tiraillés, sont prêts à entrer en action; les deux dorsum et les deux plaques *tuberculeuse* et *abdomino-dorsale* sont abaissés vers le sternum et tirés en avant avec les bases des ailes; les côtés de ces pièces sont rapprochés plus que dans l'état de repos, ainsi que les extrémités des cloisons transverses dont les centres se projètent en avant; les lames humérales viennent joindre en haut les rebords latéraux des dorsum; les bases de chaque paire d'ailes se rapprochant, il s'ensuit que les deux moitiés de la

conque pectorale sont portées l'une vers l'autre avec les appuis des ailes; et enfin l'abdomen se resserre, et en s'élevant en même temps et se rapprochant du tronc par en haut, il introduit de l'air dans le thorax, et contribue à la condensation de ce fluide intérieur, en abaissant la plaque courbe et élastique abdomino-dorsale. Par toutes ces causes, le tronc du corps est allongé, et ses diamètres vertical et transversal sont raccourcis; sa capacité en étant diminuée, l'air qu'il renferme est comprimé et refoulé dans toutes les cavités du corps, et sans doute jusque dans les nervures des ailes.

C'est alors que, les sternali-dorsaux cessant de se contracter, toutes les pièces élastiques qui ont été tendues se débandent à la fois, et s'efforcent de projeter en haut leur centre commun de gravité; il ne reste de fixe à peu près que les ailes, au mouvement descendant desquelles l'air résiste efficacement; ce qui fait que les muscles pectoraux, y prenant leurs points fixes, secondent l'ascension spontanée de toutes les autres parties, en tirant subitement en haut le tronc du corps, et le lançant, pour ainsi dire, au-dessus des extrémités des ailes; par là celles-ci se trouvent abaissées naturellement, vu que les côtés internes de leurs bases ont été élevés par les dorsum; la plaque tuberculeuse et la plaque abdomino-dorsale se sont aussi élevées en développant leurs parties qui avoient été resserrées; les côtés des dorsum s'écartent ainsi que les deux moitiés latérales de la conque pectorale; la convexité antérieure des cloisons transverses diminue, et leurs centres reviennent en arrière par l'éloignement de leurs extrémités et celui des lames humérales; et enfin l'abdomen se haussant et se resserrant en même

17

temps, acquiert la force centrifuge qui détruit sa pesanteur.

Toutes les parties du corps, sollicitées ainsi à la fois par la force de ressort et la contraction des muscles, dépassant leur position d'équilibre, se trouvent bandées de nouveau, mais en sens contraire de leur première tension; et les dorsum étant à leur *maximum* d'élévation et d'élargissement, les muscles sternali-dorsaux qui s'y insèrent en sont tiraillés à leur tour et prêts à se contracter aussitôt que les pectoraux auront cessé d'agir. Par là, le tronc a son diamètre antéro-postérieur diminué et ses deux autres diamètres augmentés, ainsi que sa capacité intérieure. L'air qui s'y trouvoit comprimé, se dilatant aussitôt, favorise par sa force élastique la vitesse de tous les mouvemens que nous venons d'indiquer.

La contraction des pectoraux cessant, les parties tendues soit en dehors de leur position de repos, soit en dedans, se débandent en se mouvant autour de la partie sternale de la poitrine qui, restant seule stable, permet aux muscles sternali-dorsaux d'y prendre leurs points fixes, afin d'exercer leurs fonctions de releveurs des ailes et de constricteurs du tronc; toutes ces parties, dis-je, secondées par l'action musculaire, reviennent sur elles-mêmes, et dépassent encore leurs positions d'équilibre; les ailes sont élevées par l'abaissement des dorsum, et les choses se trouvent dans l'état où nous les avons prises en commençant.

Des fourmilions, ascalaphes, friganes, etc. (pl. 9, fig. 12). — L'organisation extérieure et intérieure du tronc alifère des fourmilions, des ascalaphes, des friganes, etc., quant à ce qui concerne le vol, ne ressemble point à celle des libellules. Voici les différences les plus remarquables:

1°. le prothorax assez grand, surtout dans les fourmilions, peut dans le vol balancer l'abdomen; 2°. le tronc alifère est divisé en deux ségmens alaires joints ensemble par de simples membranes et inégaux, l'antérieur étant plus considérable que le postérieur; 3°. les ailes se replient sur l'abdomen dans le repos, conséquemment elles ne sont point soudées à leurs bases, et la première paire est plus élevée que la seconde; de plus elles tiennent davantage de la nature de membranes sèches que de celle de l'écaille; 4°. les appuis des ailes ont de l'analogie avec ceux des ailes des criquets ou des papillons; 5°. les *dorsum* avec leurs appendices basculaires s'articulent avec les ailes par l'intermède de ligamens et d'osselets basilaires ou radicaux, mobiles comme chez tous les insectes, à l'exception des libellules; 6°. la disposition des muscles du vol ne fait point exception comme chez les libellules; elle est en tout semblable à celle qui existe dans le plus grand nombre des insectes. Ainsi aucun de ces muscles n'agit immédiatement sur les ailes pour les mouvoir, mais seulement par l'intermède des dorsum; les muscles abaisseurs des ailes, ou dilatateurs du tronc (*muscles dorsaux*), occupent la région moyenne et supérieure du tronc, s'attachant en arrière à un costal et en avant au rebord antérieur du dorsum, n'ayant ainsi aucune adhérence avec la région sternale; et les releveurs (*sternali-dorsaux*) s'attachent en bas à la poitrine, et en haut aux parties latérales du dorsum de chaque côté des dorsaux.

Chez les *fourmilions* et les ascalaphes, la ressemblance des organes intérieurs du vol avec ceux des criquets est frappante, excepté que chez ces derniers le plus grand segment alaire

est le postérieur, tandis qu'il est le premier dans les fourmilions et les ascalaphes. Les fourmilions se rapprochent aussi des criquets par la grandeur de leur prothorax; chez eux les deux segmens alaires sont unis d'une manière lâche, l'antérieur est plus grand de près d'un quart que le postérieur. Le prothorax est uni au tronc alifère par l'intermédiaire d'une forte membrane assez lâche, tenant en haut à une arète transverse du rebord antérieur du premier dorsum, et permettant au prothorax de se mouvoir très-librement.

Les appuis des ailes ressemblent en haut à ceux des criquets, ils sont soutenus par une forte nervure fulcrale, saillante en dedans, portant en bas une apophyse transverse tenant lieu de branches furculaires, à laquelle s'insèrent plusieurs muscles, entre autres des muscles longitudinaux et horizontaux, destinés à rapprocher les segmens alaires. — Les appendices basculaires, unis intimement à leur dorsum respectif, s'articulent par leurs branches latérales avec les osselets radicaux des bases des ailes.

La région supérieure du tronc alifère est divisée intérieurement en deux parties inégales par une demi-cloison transversale; quoique commune aux deux dorsum pour l'attache de leurs muscles dorsaux respectifs, et unie par une forte membrane au premier auquel elle sert de costal, elle fait néanmoins partie intime du dorsum postérieur. — Le rebord cervical du dorsum antérieur descend fort bas en forme de cloison cervicale bilobée; sur sa face postérieure et concave s'insèrent les muscles dorsaux du premier segment, et sur sa face antérieure ou convexe s'attachent les muscles qui meuvent le prothorax et la membrane qui fixe cette dernière partie au

tronc alifère. Le *costal* du métathorax est uni latéralement à la conque pectorale; mais la partie postérieure de son bord supérieur ne tient à l'appendice basculaire que par une membrane ligamenteuse. C'est à ce costal que l'abdomen s'attache en arrière. La cloison cervicale est bombée en avant, le costal l'est en arrière, la demi-cloison mitoyenne est presque plate.

Chaque segment a des muscles *dorsaux* très-puissans, dirigés horizontalement dans le sens longitudinal, ne s'attachant qu'aux cloisons transversales comme chez les coléoptères et les criquets, et nullement aux voûtes des dorsum. De chaque côté de ceux-ci, s'insèrent aux parties latérales des dorsum trois forts muscles releveurs (*sternali-dorsaux*) qui s'attachent en bas à la poitrine des deux côtés du sternum. En arrière on voit de petits muscles *costali-dorsaux* et d'autres s'attachant aux bords supérieurs des cloisons costales, et s'insérant aux dorsum. Il m'a semblé que les ailes du même côté pouvoient s'unir légèrement dans le vol, afin de se mouvoir ensemble avec plus d'accord.

L'organisation des *ascalaphes*, pour ce qui regarde le vol, est presque semblable à celle des fourmilions. Leur segment alaire antérieur est au moins d'un tiers plus grand que le postérieur. Le premier dorsum porte antérieurement des apophyses qui en se redressant doivent le hausser, lors de l'abaissement des ailes.

Friganes, tronc alifère très-ressemblant en dehors et surtout en dedans à celui des lépidoptères. — Les deux segmens alaires, unis entre eux par de simples membranes, se prolongent en bas et en arrière vers les jambes mitoyennes et

postérieures; le premier est fort grand; on y remarque intérieurement des branches furculaires; il renferme les principaux muscles du vol dont la disposition est à peu près celle des muscles analogues des papillons. — Les dorsaux de ce segment sont très-forts, s'insérant en avant au rebord antérieur du dorsum et en arrière au costal; ceux du métathorax sont petits et s'insèrent sur la face postérieure du costal. Les releveurs qui s'attachent à la poitrine et au dorsum, très-inclinés en avant et en dehors, descendent fort bas dans chaque segment. Comme chez les lépidoptères, il y a en bas un petit muscle horizontal et longitudinal, s'attachant aux branches furculaires des deux segmens alaires, et les rapprochant dans la dilatation du tronc. On y voit aussi un petit muscle latéral qui s'insère au dorsum et s'attache en bas à une apophyse latérale de l'appendice basculaire. Les muscles des pattes sont très-forts.

CHAPITRE IV.

Des bourdons (planches 10, 11 et 12).

Les hyménoptères dont l'abdomen est pédiculé sont de tous les insectes que j'ai vus, ceux dont l'organisation des parties solides du tronc alifère m'a paru la plus compliquée. Ils sont peut-être les seuls où la portion supérieure des tégumens du prothorax, faite en forme de collier, prenne évidemment une part toute particulière et directe au vol; où le costal soit pour ainsi dire flottant dans la cavité pectorale; où l'appendice basculaire forme une pièce à part, se détachant facilement

de celles qui lui sont contiguës, entre lesquelles elle est placée comme un coin; et enfin, où la racine de l'aile soit couverte par une coquille spéciale et glabre.

J'ai examiné dans l'ordre des hyménoptères plusieurs insectes dont l'abdomen est sessile, tels que des tenthrèdes, des cimbex, des sirex géans; et parmi ceux dont l'abdomen tient au thorax par un pédicule, j'ai vu des chrysis, des ichneumons, des sphex, des scolies, des chlorions, des guêpes, des xilocopes, etc.; mais je n'ai dessiné, avec tout le soin dont je suis capable, que le tronc alifère des bourdons. C'est lui que je vais décrire particulièrement, et qui servira de type pour l'explication du vol des hyménoptères; il ne sera guère question du tronc de plusieurs autres insectes du même ordre que pour établir les principales différences.

Dans les hyménoptères chez qui l'abdomen est pédiculé, cette partie est souvent ovoïde et quelquefois comprimée latéralement. Chez les bourdons le ventre est ordinairement plus large qu'épais, mais il est toujours convexe en dessus, sans plis ni arrêts capables de gêner son ascension verticale (1).

La portion inférieure et antérieure du prothorax (le *plastron* ou *sternum*), à laquelle s'attachent en arrière et en bas

---

(1) Les plis longitudinaux de la face inférieure du ventre, dans plusieurs espèces d'insectes, indépendamment de leurs autres usages, doivent retenir l'air lors de la descente de l'abdomen, et diminuer par là les effets de la pesanteur dans cette partie. Quelques coléoptères et plusieurs hémiptères chez lesquels l'abdomen est large et plat, où la face supérieure de cette partie porte latéralement des plis longitudinaux et où la face inférieure est plus ou moins convexe et tout-à-fait lisse, ne peuvent produire, par les vibrations ascendantes de leur abdomen et à cause de la résistance de l'air retenu par les plis de la face supérieure, de force centrifuge considérable. C'est sans doute une des causes de l'imperfection du vol de ces insectes.

les hanches de la première paire de jambes, porte intérieurement deux branches osseuses, entrant dans le collier et formant ainsi des *branches sternales* ou *furculaires*, s'attachant intimement aux parties latérales du plastron qu'elles maintiennent fixément en position, et percées d'un trou à leur centre commun pour le passage de l'œsophage.

Les troncs alifères des bourdons et des guêpes que j'ai vus sont sphéroïdiques, ceux des sphex sont ovoïdes; le peu de souplesse de leurs tégumens a nécessité, je pense, dans la partie supérieure du tronc, leur division en plusieurs pièces transversales, ne tenant les unes aux autres que par des ligamens et des membranes, mais pouvant, par ce moyen, exécuter les mouvemens partiels qui leur sont imprimés, aussi facilement que dans les insectes à tégumens plus souples et plus élastiques, chez lesquels la plupart de ces pièces sont intimement liées entre elles (1).

Les deux segmens alaires tiennent fortement ensemble dans leurs parties sternales; l'antérieur est très-grand et porte les grandes ailes; il est presque rempli par les principaux muscles du vol communs aux deux paires d'ailes, et occupe, par ses muscles dorsaux et le costal auquel ces muscles s'implantent en arrière, presque tout l'intérieur du métathorax; celui-ci, dans les bourdons, et les abeilles, est court et entièrement couvert en dessus par le dorsum du principal segment et

(1) Je crois que dans tous les insectes ces pièces supérieures du tronc, y compris le costal, peuvent être considérées, jusqu'à un certain point, comme des vertèbres, vu que, comme ces dernières, par leur nature, leur disposition et leurs fonctions, elles multiplient la force de ressort dans la région dorsale du thorax, et surtout parce que les muscles du vol y sont suspendus.

par son appendice basculaire (la bascule); mais dans les sphex, quoique également occupé intérieurement par les muscles dorsaux du grand segment alaire, il s'étend considérablement en arrière au-delà de la base des ailes inférieures; ce qui, en augmentant la longueur des muscles dorsaux, augmente l'étendue de leur contraction et accroît par là leur puissance.

La *conque pectorale* ou la partie inférieure du tronc alifère est presque sphérique; elle porte extérieurement de légères empreintes correspondant à des nervures ou à des arêtes internes qui la fortifient, et entre lesquelles la courbure ordinaire des tégumens est susceptible d'être augmentée dans le vol : elle paroît, seulement à l'extérieur, comme formée de deux portions, l'une antérieure ou mésothorachique, et l'autre postérieure ou métathorachique. Ces portions sont intimement liées entre elles, surtout dans leur région sternale; chacune porte une paire de pattes et deux stigmates fort grands; ceux de la portion mésothorachique me paroissent être les organes spéciaux du bourdonnement.

Cette portion mésothorachique s'articule en avant avec la

(1) Il est remarquable 1°. que chez presque tous les insectes les côtés de la conque pectorale soient en dehors empreints de sillons plus ou moins approchans de la ligne verticale, et se rapportant à des nervures internes entre lesquelles les tégumens sont bombés de manière à pouvoir, dans le vol, être aisément fléchis d'avant en arrière ou de ce dernier sens en avant, et suivre par là les mouvemens de la partie dorsale de ces tégumens; 2°. et que cette faculté augmente de bas en haut; car il paroît que chez le plus grand nombre des insectes les parties sternales des deux segmens alaires sont non-seulement soudées ensemble, mais encore fortifiées en dedans de façon à résister à tout effort provenant des muscles.

Chez les coléoptères les plaques fulcrales sont susceptibles d'un léger mouvement en arrière lors de l'abaissement des ailes.

pièce supérieure du prothorax ou le *collier ;* ses flancs se terminent en haut et en avant par deux branches épaisses et fortes (les *clavicules*), servant d'appuis aux grandes ailes et s'articulant avec elles par l'intermédiaire des petits osselets *basilaires*. Le haut des parties antérieures de ces clavicules ayant des rapports de fonctions avec les bras claviculaires des lépidoptères, se rapprochant de la ligne médiane du corps, viennent s'articuler derrière l'apophyse située à l'extrémité antérieure de la fossette latérale du dorsum. Ces clavicules sont fortifiées dans leurs portions supérieures par une duplicature interne, d'où résulte une sorte de poche ou de sinus (*sinus claviculaire*) renfermant des muscles ou plutôt des ligamens élastiques, dont l'action s'exerce sur les osselets de la base de l'aile, entre autres sur l'omoplate; derrière, elles sont affermies par un rebord considérable, fermant le sinus de ce côté et portant plusieurs petites cavités articulaires; plus bas et en arrière ce rebord se continue en forme d'arête, et se contourne en suivant le bord supérieur de la conque de manière à former la partie inférieure d'un creux latéral assez vaste, dans lequel s'articulent les osselets postérieurs de la base de l'aile et où ils se logent quand l'aile est repliée; cette arête, qui descend ensuite verticalement, termine en arrière la portion mésothorachique. La partie antérieure de la portion métathorachique, portant aussi en dedans des arêtes qui l'affermissent et ayant son bord supérieur recourbé du côté interne, sert d'appui aux petites ailes.

Dans quelques guêpes l'*entosternum* se divise jusque dans ses branches transversales en deux parties qui se joignent,

dont l'une appartient à la portion mésothorachique de la conque et l'autre à la portion métathorachique. Sa construction est différente dans les bourdons et les xilocopes que j'ai examinés; ici il est d'une seule pièce, fixé seulement à la portion mésothorachique et consistant en une lame longitudinale et verticale surmontée d'une tablette assez large (*plaque furculaire*), concave en dessus, où elle donne insertion à un muscle longitudinal, unique et fort long, abaisseur de l'abdomen. L'extrémité antérieure de cette plaque adhère à la conque pectorale, un peu au-dessous du bord inférieur de l'ouverture du tronc dans laquelle s'articulent le plastron et les hanches de la première paire de jambes, et son extrémité postérieure se dirige en montant vers le milieu de la cavité pectorale, où elle s'unit intimement, ainsi que la lame verticale, à une cloison transversale convexe en avant et concave en arrière. Les bords latéraux de cette plaque sont libres, et plusieurs muscles des jambes mitoyennes s'y attachent. La cloison transversale est divisée, par la rencontre de la lame verticale, en deux parties égales qui peuvent être considérées comme les branches de l'entosternum (*branches furculaires*). (Ces branches sont très-fortes dans les ichneumons.) Cette cloison étant plus élevée que l'extrémité contiguë de la plaque furculaire, est percée dans le milieu de la partie qui surpasse la plaque, d'un trou pour le passage du muscle longitudinal dont nous avons parlé ci-dessus. Ses extrémités se bifurquent et leurs rameaux correspondent aux arêtes intérieures qui fortifient la conque pectorale. Le rameau antérieur est mince et, très-flexible, et tient à la conque par un ligament élastique. Le rameau postérieur plus ferme est soudé en bas avec

la paroi convexe de la loge où est reçue la hanche mitoyenne, et son extrémité donne attache à un muscle qui s'insère à la demi-ceinture. Ces muscles ou ligamens élastiques s'attachant ainsi aux extrémités des rameaux, s'insèrent ensuite aux parois internes des flancs de la conque pectorale qu'ils contribuent à rapprocher lors du resserrement du tronc. D'autres petits muscles qui étendent, relèvent et replient les ailes inférieures sont logés entre ces rameaux.

Les branches furculaires sont recouvertes en dessus par une espèce de plate-bande ou bord large et plat qui les déborde, les renforce et sert à l'insertion de plusieurs muscles; en arrière cette plate-bande donne attache aux muscles qui meuvent l'abdomen de côté et en bas, et aux muscles des dernières pattes : en avant ce sont des muscles du prothorax qui s'y attachent.

Par cette disposition la cavité pectorale est divisée en trois fosses grandes et profondes : les deux antérieures parfaitement semblables reçoivent l'extrémité inférieure des muscles releveurs des ailes et constricteurs du tronc (*sternali-dorsaux*); la troisième ou la postérieure est la plus grande; elle contient le costal et l'extrémité postérieure des muscles dorsaux qui s'attachent à ce costal.

Dans les bourdons, frelons, sphex, scolies, etc. les muscles releveurs de l'abdomen sont attachés à la partie postérieure et supérieure de la conque pectorale; ils sortent du tronc par une échancrure à bord saillant en arrière, située au-dessus de l'articulation de l'abdomen avec ce même tronc, pour s'insérer à un tubercule correspondant des tégumens de l'abdomen. Ce tubercule très-saillant dans les trois dernières

espèces, entre en ginglyme dans l'échancrure du tronc dont nous venons de parler. Ces muscles, souvent très-forts, peuvent, en même temps que le tronc se hausse dans l'abaissement des ailes, relever l'abdomen avec assez de vigueur pour lui procurer une force centrifuge ascendante capable de surmonter sa propre pesanteur.

Les muscles qui meuvent l'abdomen de côté s'insèrent chez les scolies, frelons, sphex, à des tubercules latéraux de l'origine de ce même abdomen. Chacun sait que le ventre, dans les hyménoptères, contient des vésicules aériennes considérables; étant susceptible de se raccourcir beaucoup, cette partie peut, par ce moyen, refouler de l'air dans les trachées du thorax.

Le haut de la conque pectorale est couvert par le collier, par le *dorsum antérieur*, par la *bascule* et par le *dorsum postérieur* ou *demi-ceinture*. Toutes ces pièces sont transversales; leurs fonctions, de plusieurs sortes, sont très-importantes; car, outre celle de fournir des points d'insertion aux principaux muscles du vol, de les préserver des atteintes extérieures, c'est encore par l'intermédiaire de plusieurs d'entre elles que les ailes se meuvent.

Le *collier* (1) situé entre la tête et le tronc paroît être la partie supérieure du prothorax; cependant n'étant point articulé avec le plastron ou portion inférieure du prothorax, et n'y tenant que par des membranes; de plus, couvrant en arrière les stigmates thoracHiques antérieurs, il doit être considéré comme une pièce particulière aux hyménoptères. Dans

---

(1) *Scutum du prothorax*. A.

toutes les espèces, sa portion antérieure et supérieure qui reçoit la tête fait une saillie en avant et se rétrécit en forme de cou.

La partie analogue chez les diptères est soudée avec le dorsum.

Chez les bourdons le collier forme un anneau complet et constitue à lui seul le bord de l'ouverture antérieure du thorax; la tête y tient par des membranes ligamenteuses très-lâches, et les muscles qui la relèvent s'y attachent. Il s'articule par sa partie inférieure avec le devant de la conque pectorale et s'y meut en ginglyme; sa moitié supérieure est ordinairement large et épaisse, mais moins à proportion que dans les chrysis, les sphex, etc. La partie supérieure de son bord postérieur se recourbe en bas pour s'articuler dans une rainure ou fossette transversale, pratiquée sur le dessus du rebord antérieur du dorsum, où elle est retenue par des ligamens très-lâches qui lui permettent de s'y mouvoir librement. Ce même bord postérieur se termine latéralement par deux saillies rondes et écailleuses que je nomme *opercules*, couvrant les deux stigmates vocaux et le bord antérieur des clavicules ou appuis des grandes ailes.

La moitié inférieure du collier est composée de deux branches qui se soudent en se réunissant et complettent l'anneau par en bas; leur largeur diminue considérablement en descendant, vu que leur bord postérieur est échancré pour s'ajuster sur la courbure antérieure que présente la conque pectorale à laquelle il est lié dans toute son étendue par une membrane ligamenteuse assez lâche. C'est particulièrement à ces branches que s'attache, en avant et en bas, la partie inférieure du prothorax par l'intermédiaire d'une membrane très-lâche.

Cet anneau, à peu près rond, est naturellement incliné en avant; mais il est susceptible de se redresser plus ou moins, en reculant et en se mouvant dans son articulation inférieure, décrivant ainsi, avec sa partie supérieure, un arc ascendant lors de l'abaissement des ailes, et repoussant en même temps d'avant en arrière en le faisant fléchir le devant de la conque pectorale : il s'incline de nouveau en avant, en traçant un arc descendant, lors de l'élévation de ces mêmes ailes; le tout par l'intermède du dorsum qui en est haussé et abaissé alternativement; le collier contribuant ainsi à la dilatation et à la constriction du tronc, ses fonctions dans le vol deviennent par là très-importantes.

Comme cette pièce se meut avec le dorsum, si la tête et les hanches des pattes antérieures, ou le plastron, y étoient articulées par leurs parties solides, elles auroient été inutilement assujéties dans le vol à un mouvement oscillatoire et involontaire, incommode et même contraire à l'action de voler; en conséquence elles ne tiennent au collier, comme nous l'avons déjà dit, que par des membranes ligamenteuses lâches, couvrant en même temps les muscles.

Cependant je ne doute pas, d'après des observations auxquelles j'ai mis le plus grand soin, que la tête et le prothorax ne soient mus en haut de la même manière que l'abdomen lors de l'abaissement des ailes.

Dans les chrysis, le collier consiste en un demi-anneau supérieur assez large, complétant en haut l'ouverture antérieure du tronc, s'unissant au dorsum par l'intermédiaire d'une forte membrane et couvrant en arrière les stigmates vocaux; elle s'articule en bas par ses extrémités avec le devant de la conque pectorale et s'y meut en charnière dans le vol.

Chez les ichneumons, les frelons, les scolies et les sphex, cette pièce forme un arceau comprenant au moins les trois quarts de la circonférence; ses parties latérales sont larges; elle s'articule en ginglyme avec le devant de la conque pectorale, couvre, en s'amincissant beaucoup, une portion du rebord antérieur du dorsum, auquel elle ne tient que par une membrane ligamenteuse forte et très-lâche.

Le *dorsum* (1) couvre la plus grande partie de la face supérieure du tronc alifère, excepté dans les genres sphex, scolies, etc., où il est moins vaste; il s'articule 1°. des deux côtés avec les ailes par l'intermédiaire des *apophyses humérales* et des *osselets radicaux* de la base des ailes; 2°. en avant avec le collier; 3°. du même côté et latéralement avec le bord supérieur et arrondi des opercules, par le moyen de deux larges apophyses (*apophyses scapulaires*); 4°. derrière ces apophyses avec le haut de la partie antérieure des clavicules thorachiques; 5°. et enfin en arrière et sur les côtés avec la bascule : sa forme est, le plus souvent, celle d'un écu d'armoirie; il est bombé assez uniformément, et sa substance, quoique ferme, est néanmoins suffisamment élastique pour permettre une légère flexion à ses parties dans la contraction des muscles du vol; sa face concave à laquelle s'insèrent les extrémités supérieures des principaux muscles de ce mouvement progressif, porte toujours des nervures marginales qui ajoutent à la force des bords; elles ne manquent guère qu'au bord postérieur.

Dans les bourdons, les xilocopes et les guêpes sa ligne moyenne

(1) *Scutum du mésothorax.* A. *Plaque thorachique.* J.

et longitudinale est marquée, mais seulement dans les deux tiers antérieurs, en dehors par un sillon très-fin, et en dedans par une petite nervure correspondante qui se trouve ainsi entre les insertions supérieures des deux muscles dorsaux. On voit aussi extérieurement deux autres sillons plus petits, un de chaque côté du premier et qui lui sont parallèles. Le devant de la voûte du dorsum porte en outre, en dedans, deux fortes nervures, une de chaque côté de la ligne médiane, destinées évidemment, ainsi que les nervures désignées ci-dessus, à augmenter la résistance et la force de ressort dans cette partie de la voûte qui se termine latéralement par les apophyses scapulaires.

Le rebord antérieur du dorsum est courbe, et sa convexité regarde obliquement en avant et en bas; son milieu fait de plus dans le même sens une saillie interne plus ou moins élastique (*rebord cervical*), laquelle se recourbe en bas en forme de visière pour donner plus d'étendue aux attaches supérieures des muscles dorsaux, et favoriser ainsi l'action de ces muscles en diminuant l'obliquité de leur insertion.

En dessus il règne, parallèlement au bord antérieur et extérieur, une rainure formée en arrière par ce bord même et en devant par une nervure. Le repli en forme d'agrafe du bord postérieur du collier qui entre dans cette rainure, y est attaché par un ligament d'une manière assez libre pour permettre aux deux pièces de s'y mouvoir en charnière avec facilité. Le bord postérieur du dorsum, qui est convexe en arrière et arrondi, ne se recourbe pas en bas de manière à former un rebord; mais il s'articule librement dans une fossette du bord supérieur et antérieur de la bascule.

Les parties latérales de cette pièce qui regardent en bas et constituent les apophyses humérales, figurent chacune un triangle curviligne. Ces parties auxquelles s'articulent les ailes et qui ne donnent attache à aucun muscle, devant s'écarter l'une de l'autre en se haussant dans l'élévation du dorsum, par l'intermédiaire des bras de la bascule et des branches du costal, et se rapprocher lors de l'abaissement de ce même dorsum, sont à cet effet susceptibles d'un léger mouvement dans leur jonction avec le dorsum (1).

La face externe du triangle, que forme chacune de ces parties, est un peu concave et empreinte d'un enfoncement léger et courbe qui règne parallèlement au pli formé à la jonction de cette partie avec le dessus du dorsum; enfoncement dans lequel est reçue, quand elle s'élève, la petite valve radicale qui couvre la base de l'aile supérieure.

Le pli dont nous venons de parler est le côté supérieur et le plus grand du triangle; le second côté regarde en bas et un peu en avant; son bord se replie en dehors et en haut, et forme par ce moyen, dans toute sa longueur, une fossette dans laquelle s'articule et se meut le côté interne de la petite *valve radicale*. Le bord libre de la fossette, dentelé irrégulièrement, sert d'attache à des ligamens qui s'insèrent ensuite à la base de l'aile sur la portion radiale de l'humérus. Cette fossette est bornée en avant par une apophyse saillante en dehors, derrière laquelle s'articule la clavicule thoracique; et en arrière elle se termine par une autre apophyse également

(1) Dans presque tous les insectes on voit aux côtés des dorsum des parties plus ou moins mobiles et articulées avec les ailes, auxquelles aucun muscle ne s'insère.

saillante du même côté. Enfin le troisième et le plus petit côté du triangle regarde obliquement en arrière; sur sa face interne s'articule et se meut librement une lame écailleuse de la branche correspondante de la bascule, laquelle lame a la forme d'une languette. Ces deux côtés du triangle ne se joignent pas, mais ils se terminent assez près l'un de l'autre, chacun par un tubercule saillant en dehors, laissant entre eux un petit intervalle dans lequel est reçue et se meut une longue apophyse du sigmoïde. Le tubercule antérieur, plus élevé et plus pointu, n'est autre chose que l'extrémité postérieure de la petite fossette; il contribue à borner le mouvement de l'aile en avant; le tubercule postérieur épais, large et mousse, descend un peu plus bas; c'est sur lui, à ce qu'il m'a semblé, que le sigmoïde se replie dans le repos de l'aile.

Le dorsum en reculant lors de la contraction des muscles dorsaux repousse en même temps, d'avant en arrière en les faisant fléchir, les clavicules thorachiques, ce qui les écarte un peu l'une de l'autre et les fait rétrograder. Nous verrons bientôt qu'il repousse aussi la bascule en arrière dans la même circonstance.

La *bascule* ou *post-dorsum* (1) est l'analogue de la pièce que je nomme *appendice basculaire* dans les autres ordres d'insectes: (par le mot *post-dorsum* je désigne surtout la partie dorsale de la bascule qui est ainsi distinguée des bras basculaires). La bascule est très-essentielle pour l'exécution du vol; par le moyen de ses bras elle tire les ailes en arrière dans leur abaissement et élève davantage leur partie posté-

(1) *Scutellum*. A. *Écusson supérieur*. J.

rieure que l'antérieure; dans l'élévation de ces mêmes ailes, au contraire, la bascule les porte en avant, et fait que leur bord antérieur monte plus haut que le postérieur.

Cette pièce étant simplement articulée avec les parties contiguës auxquelles elle ne tient que par des ligamens, est surtout remarquable dans les bourdons, les xilocopes, les guêpes, les sphex, les scolies, etc. C'est un double levier courbe qui, en élevant et en abaissant ses bras, abaisse et élève tour à tour les sigmoïdes et les autres osselets de la partie postérieure de la base de l'aile, et par conséquent cette dernière. Cet office remarquable m'a déterminé à donner à cette pièce le nom qu'elle porte; elle est située transversalement entre le dorsum et la *demi-ceinture*, et articulée avec eux et les branches du costal (cette dernière pièce est ici interne); courbée en arc dans le sens transversal, la bascule fait, dans les bourdons et quelques abeilles, une saillie en arrière; saillie qui est moins considérable dans les guêpes, et qui n'existe même pas du tout dans les xilocopes, les scolies, les sphex, etc. Ses bras, taillés en coin, semblent tendre sans cesse à s'échapper en glissant des pièces entre lesquelles ils sont situés; et l'extrémité de chaque bras est pourvue de languettes internes qui sont tout-à-fait couvertes par les tégumens.

Le côté concave et les bras de la bascule regardent en bas et un peu en avant dans le vol; la partie supéro-postérieure de cette pièce ou son post-dorsum, formant le bras de levier sur lequel agit le dorsum lorsqu'il recule, est quelquefois convexe en dehors dans le sens longitudinal, comme chez les bourdons; dans d'autres espèces elle est tout-à-fait droite dans le même sens et au niveau du reste des tégumens. La bascule,

dans la partie que nous venons de signaler, est aussi assez haute et fort épaisse, attendu qu'elle se double pour ainsi dire, en se repliant intérieurement sur elle-même dans le sens transversal, de façon à laisser un espace vide entre sa paroi extérieure et sa duplicature interne. Cette grande force lui est nécessaire afin de résister aux efforts considérables des pièces qui agissent sur elle dans le vol; si elle cédoit, le but de ces efforts pourroit ne pas être atteint; cependant ses rebords, libres en dedans et ne se joignant pas, font conjecturer, qu'étant pressés lors de l'abaissement des ailes ils peuvent être un peu rapprochés, et ensuite éloignés quand les ailes s'élèvent.

Le rebord postérieur porte une petite nervure circulaire ou arrêt, au moyen de laquelle la bascule est retenue dans son articulation très-libre avec la demi-ceinture; sur son bord antérieur règne une cannelure formée, du côté interne, par une espèce de petite nervure ou arrêt, et dans laquelle s'articule librement l'extrémité postérieure du dorsum, et enfin les deux bords antérieur et postérieur de ses bras s'amincissent de manière à former du côté interne des lames articulaires ou languettes; celle du bord antérieur s'articule et se meut sous le rebord latéral et triangulaire du dorsum; et celle du bord postérieur joue sur la face interne de la palette de la demi-ceinture: par ce moyen la bascule très-bien retenue dans le lieu qu'elle occupe, peut recevoir un mouvement considérable sans danger de déplacement: elle est ainsi en état de pousser en dehors les côtés du dorsum et ceux de la demi-ceinture. C'est à l'extrémité intérieure, en forme de tenon des bras et dans une entaille

externe, que s'articule librement l'apophyse inférieure ou la queue du sigmoïde.

Du côté externe et près de l'extrémité de chaque bras est une forte arête longitudinale et courbe, très-saillante en dehors, qui s'unit par des ligamens avec la base de l'aile, de manière à pouvoir tirer cette aile un peu en arrière ou à la pousser en avant de la même quantité.

Le centre de mouvement de la bascule est dans l'articulation du post-dorsum avec la demi-ceinture; ainsi quand cette partie est poussée en arrière par le dorsum, son bord supérieur et antérieur décrit un arc ascendant et rétrograde, et élève ainsi la partie postérieure du dorsum avec laquelle il est articulé; en même temps les bras basculaires dont le costal seconde l'élévation tracent, avec leurs extrémités, un arc aussi ascendant, en avant et en dehors, de manière à pouvoir diriger le mouvement de la partie interne de la base de l'aile; et lorsque la bascule est tirée en avant, les arcs et les fonctions s'opèrent en sens contraire. Les bras basculaires ont, en outre, chacun un centre de mouvement particulier de glissement en avant et en arrière sur les bords arrondis des palettes de la demi-ceinture.

Lorsque le tronc de l'insecte s'élance en haut, le bord antérieur du post-dorsum étant poussé en arrière par le dorsum, l'angle très-obtus que le plan passant par les extrémités de cette dernière pièce fait avec la première, venant par là à diminuer, la partie postérieure du dorsum en est élevée; en même temps les extrémités des bras basculaires se haussent et élèvent avec elles les parties internes des sigmoïdes et des autres osselets de la partie postérieure de la base de l'aile; par conséquent, la partie de l'aile située en dehors de l'appui s'a-

baisse, surtout son bord antérieur, et elle est un peu retirée en arrière. Dans l'élévation des ailes, au contraire, la même partie du post-dorsum est tirée en avant par le dorsum, l'angle que les deux pièces font ensemble devient de plus en plus obtus, la partie postérieure du dorsum s'abaisse et les extrémités des bras basculaires s'abaissent aussi en glissant sur les palettes de la demi-ceinture, entraînant en bas et un peu en arrière les parties internes des osselets radicaux dont nous venons de parler, d'où s'ensuit l'élévation simultanée et le léger mouvement en avant de leurs parties externes et des ailes auxquelles tiennent ces parties externes.

Je crois devoir faire remarquer de nouveau que, dans l'abaissement des ailes, la partie antérieure de leurs bases descend davantage que la postérieure; et que, lorsque ces mêmes membres s'élèvent, c'est encore leur partie antérieure qui se hausse plus que la postérieure, le tout par l'intermède des bras basculaires.

Il est bon de remarquer encore que le bras de levier par lequel le dorsum agit sur la bascule, étant plus court que les bras aux extrémités desquels s'exerce la principale résistance, le mouvement qui s'opère de ce dernier côté et qui se communique aux ailes en devient plus considérable : mais nous verrons bientôt que le mouvement en haut et en dehors des bras basculaires est puissamment favorisé par celui des branches du costal dans le même sens.

Dans leur élévation et dans leur abaissement, les bras de la bascule communiquent aussi du mouvement aux petites ailes par l'intermède des osselets radicaux que des membranes ligamenteuses lient à ces bras.

L'extrémité intérieure de chaque bras, en avant de son articulation avec le sigmoïde, donne insertion à un muscle qui en bas s'attache aux parois de la conque pectorale. Un autre petit muscle, ou plutôt un ligament élastique, attaché en haut dans l'intérieur de la bascule, s'insère en bas par un tendon assez fort, au bord supérieur de la demi-ceinture : ces deux muscles et leurs semblables du côté opposé me paroissent avoir pour destination de contribuer à l'abaissement des bras de la bascule quand ils ont été élevés.

Demi-ceinture.—La portion métathorachique de la conque pectorale est couronnée par une pièce demi-circulaire, qui n'est autre chose que le dorsum des petites ailes (ou du métathorax). Je l'ai nommée demi-ceinture à cause de sa forme; étroite dans sa portion postérieure ou moyenne, cette pièce s'élargit sur les côtés près de son articulation avec les petites ailes; son bord inférieur recourbé en dedans et arrondi s'articule dans un petit canal circulaire formé par le rebord supérieur et postérieur de la portion métathorachique de la conque; son bord supérieur, portant à son tour une cannelure, reçoit une arête circulaire du bord inférieur de la bascule avec laquelle il s'articule. Ses deux branches tournées obliquement en bas dans le vol, se terminent chacune par une sorte de palette oblongue, arrondie en dessus et en avant, doublée en dedans par une continuation du derme écailleux, formant un sinus où s'insèrent des muscles auxiliaires des releveurs des petites ailes. L'un de ces muscles s'attache en bas sur le rameau postérieur de la branche correspondante de l'entosternum; en se contractant ces muscles abaissent et tirent en dedans le bord supérieur de la palette.

Le bord antérieur et interne de chaque palette porte deux digitations écailleuses, élastiques, unies entre elles par des membranes ligamenteuses, et s'articulant avec les extrémités inférieures et internes des osselets radicaux de la base de la petite aile (osselets qui tiennent aussi au rebord supérieur et interne de la conque pectorale servant d'appui à cette aile). La digitation inférieure se prolonge en dedans en forme d'apophyse à laquelle s'insère un petit muscle attaché par son extrémité inférieure sur la branche correspondante de l'entosternum; il tire l'aile en avant en contribuant à l'élever. Ces digitations de la palette composent le fond d'une cavité dans laquelle entrent dans le repos les osselets radicaux de la petite aile.

C'est sur le bord supérieur et courbe de cette palette et sur sa face renflée interne que se meut, comme autour d'un axe, alternativement de haut en bas et en avant, de bas en haut et en arrière, et du dedans en dehors, le bras correspondant de la bascule. Chez les xilocopes la convexité de ce bord est mieux marquée que chez les bourdons.

Cette pièce se retrouve avec diverses modifications dans les hémiptères, les lépidoptères et même dans les diptères.

Toutes ces pièces solides que nous venons de décrire, composant le coffre du thorax, sont immobiles lorsque l'insecte ne vole pas; elles ne pourroient même pas être mues sans imprimer de mouvement aux ailes. Cette circonstance est donc en faveur de l'opinion que j'ai déjà émise dans l'introduction de mon ouvrage, savoir, *que l'abdomen est le principal instrument de la respiration;* lui seul, en effet, a la faculté de se mouvoir dans l'état de repos, et durant le

vol c'est par lui surtout que l'air arrive dans le tronc alifère; car les stigmates thorachiques ne servent guère, selon moi et d'après leur construction que j'ai déjà fait connoître, que d'issues à l'excédant de l'air intérieur (1).

Il est bon de faire remarquer que la partie supérieure du thorax des bourdons est composée, comme nous venons de le voir, de quatre pièces qui se séparent facilement; savoir: le collier, le dorsum, la bascule et la demi-ceinture; mais que la région pectorale ne peut être divisée qu'en deux parties, qui sont le plastron ou le sternum du prothorax, et la conque pectorale.

Des *osselets*. — Deux sont tout-à-fait intérieurs (le *costal* et le *vectiforme*) et sont communs aux deux paires d'ailes;

---

(1) La respiration dans le thorax des insectes qui volent est modifiée sur l'extérieur de cette partie composée de pièces dures et immobiles dans l'état de repos; or on sait que chez tous les animaux l'air ambiant ne s'introduit spontanément dans une partie du corps, et ne peut en sortir qu'au moyen de la dilatation et de la constriction alternatives de cette partie. Chez les insectes l'abdomen seul se présente fréquemment dans cet état de dilatation et de constriction alternatives, même lors du repos; et dans la plupart des coléoptères, les stigmates nombreux de cette partie qui sont très-apparens, se trouvent sur sa face supérieure, face molle et assez mobile qu'ils bordent latéralement: tous sont placés au fond d'une légère dépression, tandis que les stigmates thorachiques sont ordinairement situés sur une petite convexité, et ne paroissent devoir s'ouvrir que par une impulsion venant de l'intérieur.

Toutefois je ne veux pas dire que pendant le repos l'air qui est dans le thorax n'y soit pas renouvelé; car lorsque l'abdomen se dilate ou se resserre, on découvre des mouvemens correspondans dans les parties purement membraneuses du thorax, telles que dans les membranes qui environnent la base des ailes, etc. Mais il est facile de voir qu'alors le gonflement et l'affaissement alternatifs de ces membranes sont dus principalement à l'introduction de l'air de l'abdomen dans le tronc alifère et à sa sortie de ce tronc.

trois autres tiennent autant de l'intérieur que de l'extérieur (l'*équerre* et les deux *appendices costaux*).

Parmi les osselets extérieurs de l'aile supérieure, deux composent sa tige basilaire et quatre ou cinq autres forment sa racine. Tous ces osselets, hormis les intérieurs, tiennent aux membranes circombasilaires.

Le *costal* (1) des hyménoptères dont l'abdomen est pédiculé (*ichneumons*, *chrysis*, *guêpes*, *sphex*, *bourdons*, *abeilles*, etc.), est entièrement renfermé dans la portion métathorachique de la conque pectorale dont il suit les contours, et d'où résulte sa forme représentant, vu en dessus, un éperon ou un U; du reste ses fonctions sont les mêmes que celles du costal des autres insectes; comme ce dernier, il donne attache sur sa face concave à l'extrémité postéro-inférieure des muscles dorsaux et contribue à la dilatation du tronc, en écartant et en élevant les bras de la bascule avec lesquels il est articulé. Sur sa face convexe et postérieure s'insèrent plusieurs muscles, entre autres deux, qui ne sont peut-être que des ligamens élastiques, s'attachent à la paroi interne et postérieure de la conque pectorale. Je les crois destinés à retirer le costal en arrière et à lui faire reprendre sa convexité ordinaire après la contraction des muscles dorsaux. Le costal se divise en corps et en branches; le premier a beaucoup plus de hauteur que celles-ci.

Dans les abeilles, les bourdons et même dans les frelons, le bord supérieur du corps est fort au-dessous de la demi-ceinture; il n'en est pas de même dans les scolies, les

---

(1) (*Post-scutellum*. A.) (*L'os corné ou double omoplate*. J.)

sphex, etc., où il monte au niveau du bord supérieur de cette dernière pièce. Ce bord supérieur du costal fait une saillie en dehors, il est libre et ne porte point de membrane qui l'attache en arrière, soit à la demi-ceinture, soit à la bascule, comme dans les autres insectes où la partie supérieure du costal est à découvert.

Le bord inférieur qui est aussi libre, est légèrement échancré pour le passage du tube intestinal. La partie du corps qui est au-dessous du bord supérieur étant un peu éloignée de la paroi métathorachique postérieure et interne de la conque, laisse ainsi la place aux muscles qui meuvent l'abdomen et à d'autres dont il sera parlé ci-dessous.

Les branches du costal, fort allongées dans plusieurs espèces de sphex, d'ichneumons, etc., s'articulent en haut par une lame mince, s'élevant de leur bord supérieur avec la partie inférieure de la face interne des bras de la bascule où elles ont un léger mouvement de ginglyme, et en avant par leurs extrémités antérieures, d'abord avec la tête d'un osselet assez long figurant un levier, auquel j'ai donné le nom de *vectiforme*, et ensuite avec les *appendices costaux*. Elles s'unissent aussi par des membranes ligamenteuses aux osselets radicaux des grandes et des petites ailes.

Lorsque les extrémités des branches du costal s'éloignent l'une de l'autre dans la contraction des muscles dorsaux, elles poussent en dehors les bras de la bascule; ceux-ci à leur tour écartent les côtés du dorsum, élargissent ainsi latéralement l'aire qu'embrasse le dorsum, et contribuent par là à la dilatation du tronc et à l'abaissement des ailes.

Les muscles dont il a été parlé plus haut sont 1°. les *rele-*

veurs de l'abdomen placés entre le costal et les parois internes et latérales de la portion métathorachique de la conque; chaque releveur est composé de trois portions; la première s'attache à la paroi de la conque, derrière et au-dessous de la racine de la petite aile; les deux autres portions situées plus bas descendent jusqu'à la partie sternale de la conque; toutes s'insèrent à l'abdomen au moyen d'un tendon commun, fort et assez long, sortant du tronc par une échancrure qui est au-dessus de l'articulation de l'abdomen. Les ichneumons ont ces muscles très-forts et fixés au bord supérieur et postérieur de la conque. Les *abaisseurs de l'abdomen* s'attachent aux bords supérieurs et postérieurs des branches correspondantes de l'entosternum.

2°. Les deux muscles ou ligamens élastiques (*costali métathorachiques*), courts et forts, attachés à la paroi interne et postérieure de la conque de chaque côté de sa ligne médiane où ils se touchent, et s'insérant en avant, en montant et en s'écartant l'un de l'autre, sur la face convexe et postérieure du costal. Ils doivent contribuer à diminuer le diamètre longitudinal du tronc dans l'abaissement des ailes. Ainsi, lorsque le costal est tiré en avant, ces muscles en se contractant entraînent dans le même sens les tégumens postérieurs de la conque dont ils diminuent la convexité, en écartant leurs parties latérales et en élevant leur bord postérieur et supérieur. Mais si ces parties ne sont que des ligamens élastiques, ce qui est probable, alors, dans l'élévation des ailes, ces ligamens doivent ramener le costal en arrière, le rétrécir et lui faire reprendre sa convexité.

Le *vectiforme* considéré avec le muscle qui s'attache à

son extrémité postérieure et perpendiculairement à sa direction, représente un levier : c'est un osselet assez long, couché longitudinalement sur la face interne de la branche du costal au bout de laquelle il est articulé par son extrémité antérieure se recourbant à cet effet ; toute sa tige est libre ; le petit muscle qui s'insère à son extrémité postérieure est fixé en bas sur le rameau furculaire antérieur correspondant. Ce muscle est blanc et marche parallèlement à la face postérieure du sternali-dorsal à laquelle il semble collé ainsi qu'au muscle dorsal ; dans l'élévation de l'aile il doit, par l'intermédiaire du vectiforme, abaisser et même tirer en dedans et en arrière la branche du costal et ses adhérences.

Les *appendices costaux* n'existent que chez les hyménoptères dont l'abdomen est uni au tronc par un pédicule ; eux seuls en effet en avoient besoin, comme nous le verrons. Ils consistent en deux petites lames cornées, situées sur les côtés du tronc en avant et en dehors de la queue du *sigmoïde* ; s'articulant dans des cavités du rebord postérieur et interne de la clavicule, et en arrière avec la branche correspondante du costal et avec le vectiforme. Elles sont parallèles entre elles, et placées horizontalement et longitudinalement l'une au dessus de l'autre. C'est particulièrement avec la lame inférieure que s'articule la branche correspondante du costal.

Ces petites pièces ne sont pas tout-à-fait internes, puisqu'elles constituent le fond de la cavité extérieure, recevant dans le repos plusieurs osselets radicaux de l'aile supérieure ; elles sont courbes et leur côté concave regarde en dehors ; ce qui agrandit la cavité. La pièce supérieure porte en dedans un tubercule auquel s'insère un muscle qui doit retirer l'une

et l'autre pièce en bas et en dedans quand elles ont été élevées et poussées en dehors; il est ainsi le congénère du muscle du vectiforme.

L'union des branches du costal et de la tête du vectiforme avec les appendices costaux s'opère au moyen de forts ligamens tenant encore à d'autres osselets de la base de l'aile. Lorsque les muscles dorsaux se contractent, les branches du costal s'élevant et s'écartant l'une de l'autre, poussent en haut et en dehors les bras de la bascule auxquels elles sont articulées, et contribuent ainsi à élever les parties internes des bases des ailes; le tout par l'intermède de ces appendices costaux avec lesquels elles se meuvent comme la lame d'un couteau avec son manche; ce qui n'auroit pu se faire si le costal s'étoit articulé immédiatement avec les appuis des ailes.

De l'*équerre* (1).—Au-dessus de l'articulation des branches du costal avec leurs appendices costaux est posée en travers et attachée avec des ligamens un peu lâches une petite pièce qui est en partie dans l'intérieur du tronc et en partie en dehors. Dans l'abaissement des ailes elle est presque toute entière hors du tronc; elle y rentre en partie lors de leur élévation : elle a la forme d'une équerre, et ses deux extrémités, tournées en bas, s'articulent l'une avec la queue du sigmoïde et l'autre avec l'extrémité inférieure de l'ongulaire. Lorsque les branches du costal et de la bascule s'élèvent l'équerre monte avec elles, ainsi que les extrémités inférieures et internes du sigmoïde et de l'ongulaire, d'où s'ensuit l'abaissement de la partie externe de ces osselets et de l'aile à laquelle ils sont articulés.

(1) *Naviculaire*. J.

Cette pièce, qui doit être considérée comme un appendice de l'ongulaire, se retrouve dans plusieurs autres ordres d'insectes, entre autres dans les lépidoptères et les diptères.

Base de l'aile. — Nous allons maintenant faire connoître la base de l'aile et ses osselets extérieurs.

La base de l'aile supérieure est formée extérieurement de plusieurs pièces disposées sur deux rangées et toutes susceptibles de se mouvoir les unes sur les autres. La rangée la plus voisine du tronc a reçu le nom de *racine de l'aile*, et la seconde celui d'*humérus* ou *tige basilaire*. La racine est composée de quatre ou cinq osselets (*osselets radicaux*) servant d'intermédiaire entre le tronc et l'aile : le premier ou l'antérieur est nommé *claviculaire* (1) à cause de sa position; le suivant *omoplate* (2); le troisième *sigmoïde* (3), et enfin le quatrième et dernier *ongulaire* ou *terminal* (4). Ils sont unis entre eux par une membrane ligamenteuse épaisse; s'articulent par leurs parties externes avec l'humérus, en dessous avec l'appui de l'aile et par leurs extrémités internes avec les osselets de l'intérieur du tronc. Leurs mouvemens, qui se communiquent tous à l'aile, sont ceux d'adduction et d'abduction, d'élévation et d'abaissement.

Le *claviculaire* est allongé et courbe, sa convexité regarde en dedans; il s'articule suivant sa longueur, sur le sommet de la clavicule (ou appui de l'aile supérieure) à laquelle il est attaché librement par un fort ligament, il tient aussi par des

(1) *Petit radial.* J.
(2) *Petit huméral.* J.
(3) *Grand huméral.* J.
(4) *Petit cubital.* J.

ligamens très-lâches à la portion radiale de l'humérus et à la valve radicale qui couvre la base de l'aile. Des tubercules qui bornent son mouvement en dehors et en dedans sont reçus dans des cavités correspondantes de l'appui. Il offre sur sa partie libre et du côté interne une éminence où s'insère un long tendon commun à deux muscles (*muscle biceps*) attachés à la paroi interne du devant de la conque pectorale, près de sa jonction avec le collier. Lorsque ces muscles se contractent ils étendent l'aile et la tirent en avant par l'intermédiaire du claviculaire.

L'omoplate, d'une substance dure et compacte, est formé de trois tubercules; le supérieur monte au devant du sigmoïde auquel il tient avec force au moyen d'un rebord qui l'embrasse; le second, en forme de pivot, entre dans un trou du côté postérieur de la clavicule où il se meut librement; le muscle ou ligament élastique renfermé dans le sinus claviculaire s'insère à son extrémité; et enfin le troisième descend et va joindre l'extrémité inférieure de l'ongulaire, à laquelle il est uni d'une mânière lâche, ainsi qu'à l'équerre et à d'autres pièces internes, par le moyen d'un ligament commun que l'on peut appeler *basilaire*. Indépendamment des mouvemens communs avec le sigmoïde, l'omoplate en a encore de particuliers.

Les petits muscles qui s'insèrent à l'extrémité de l'ongulaire et qui viennent des parois de la conque et d'une branche de l'entosternum, meuvent aussi l'omoplate.

Le sigmoïde a la forme de la lettre S, à la base de laquelle une queue seroit adaptée; le corps s'articule avec l'omoplate, en est fortifié, et par son intermédiaire s'unit à la clavicule.

Le crochet supérieur et externe s'articule avec la portion radiale de la tige basilaire ; le crochet inférieur et interne avec l'apophyse humérale du dorsum ; et finalement la queue s'articule en dehors de l'extrémité du bras correspondant de la bascule. L'extrémité de cette même queue est unie par un ligament à la branche interne de l'équerre, et elle tient, par le ligament basilaire commun, aux branches du costal et à leurs appendices. Cet osselet ne se trouve guère, du moins avec la forme et les adhérences que nous venons d'indiquer, que dans les hyménoptères ; et comme aucun muscle ne s'y attache, il ne reçoit ainsi de mouvement que celui qui lui est communiqué par les pièces avec lesquelles il s'articule.

Enfin le dernier osselet radical est l'*ongulaire* ou le *terminal.* Sa forme et son mouvement ont du rapport avec la forme et le mouvement des griffes des chats. On y remarque de petites éminences articulaires, ou propres à l'insertion des muscles et des ligamens ; il est articulé avec la dernière nervure de l'aile ; son extrémité inférieure s'unit par des ligamens lâches en dehors avec l'appui de l'aile, et en dedans avec la branche externe de l'équerre et avec le tubercule inférieur de l'omoplate ; en arrière il est cotoyé par une nervure rétractive, adhérente aussi à la dernière nervure et à l'équerre, et qui doit contribuer à refermer l'aile. Plusieurs petits muscles, attachés aux parois latérales de la conque et à la branche correspondante de l'entosternum, et s'insérant à l'extrémité inférieure et interne de l'ongulaire et aux autres pièces qui s'y articulent, servent à plier l'aile en tirant ces osselets en bas et en les poussant sous l'aisselle.

La *tige basilaire* (l'*humérus*) est formée de deux portions,

l'une antérieure ou *radiale*, et l'autre postérieure ou *cubitale*. Les condyles que portent ces portions limitent les mouvemens horizontaux d'adduction et d'abduction de l'aile proprement dite; le condyle cubital est surtout remarquable par un petit tubercule entrant, lorsque l'aile est repliée, dans une petite cavité qui est à l'origine de la quatrième nervure. La tige basilaire, dans ses deux articulations *radiale* et *alaire*, n'a de mouvemens particuliers que ceux d'adduction et d'abduction; ses autres mouvemens s'exécutent conjointement avec les autres parties de la base de l'aile.

L'*aile supérieure* s'articule immédiatement avec l'humérus; deux nervures accolées, la *radiale* et la *cubitale*, composent son bord antérieur; un prolongement de cette dernière pénètre entre les deux portions de la tige, et paroît susceptible de se fléchir et de s'étendre tour à tour, lorsque l'aile s'ouvre et se referme.

L'aile inférieure porte à sa base quatre et quelquefois cinq osselets radicaux, s'articulant en dehors avec le bord supérieur de la conque qui leur sert d'appui, et du côté interne avec les digitations de la demi-ceinture : ils tiennent aussi par des ligamens à la branche correspondante du costal. L'osselet *terminal* (1) diffère peu de celui de l'aile supérieure.

On sait que chez les hyménoptères les ailes d'un même côté s'accrochent dans le vol; chez les bourdons et chez plusieurs autres insectes du même ordre, les ailes sont transparentes, de la nature de l'écaille, un peu villeuse, et ayant à leur extrémité et au bord postérieur quelques plis peu régu-

---

(1) *Le fourchu*. J.

liers, parsemés en dessus de petites épines auxquelles de petits creux correspondent en dessous. Leur surface reste toujours au même état; il n'en est pas de même chez les guêpes où ces organes se plissent dans le repos. Les xilocopes violettes ont aussi derrière la base de chaque aile inférieure un aileron qui se replie en dessous dans le même cas. Les ailes des scolies, etc., sont glabres et diaphanes, ayant l'extrémité et toute la partie postérieure plissées très-régulièrement. Les ailes des guêpes sont aussi à peu près glabres et terminées par de petits plis.

Chez plusieurs espèces l'espace qui sépare l'aile supérieure de l'aile inférieure près de leurs bases est occupé dans le vol par une membrane adhérente au côté postérieur de l'aile supérieure. Les élytres de quelques coléoptères, orthoptères et hémiptères, offrent aussi en arrière un appendice membraneux propre à augmenter l'étendue de leur base.

De la valve radicale couvrant la base de l'aile supérieure. — Elle est ordinairement glabre; dans les bourdons, abeilles, etc., sa forme est celle d'une coquille ovale de certains mollusques bivalves; celle des frelons, des sphex est plus ronde; dans plusieurs chrysis elle couvre la base des deux ailes: convexe en dessus, concave en dessous, elle est articulée par un de ses bords dans la fossette du rebord latéral du dorsum, où elle est attachée par des ligamens qui, quoique un peu lâches, sont très-forts. La partie postérieure de son bord articulaire est assez libre; mais la moitié antérieure tient fortement dans la fossette, d'où on a de la peine à la dégager: cependant elle s'y meut très-librement en charnière avec l'aile qui lui imprime ses propres mouvemens. Elle recouvre toutes les parties les plus délicates

de la base de l'aile, particulièrement ses ligamens qui sans elle seroient à nu : car cette base est organisée de manière à rendre nécessaire l'existence de la valve. Quoique élastique et assez souple cette valve est néanmoins très-solide. Je crois que, dans l'élévation de l'aile, son bord articulaire peut être tendu de manière à faire ressort et à renvoyer spontanément l'aile en bas et en arrière; par là elle contribueroit aux mouvemens de l'aile. Une membrane ligamenteuse élastique assez forte s'attache au bord dentelé de la fossette, au fond de la face concave de la valve un peu au-dessus de son bord articulaire, à la clavicule, au premier osselet radical et à la portion radiale de l'humérus, de manière à former une poche où l'air intérieur et une portion de liquide doivent pénétrer. Je pense que ces membranes sont tendues dans l'abaissement des ailes.

Muscles du vol. — Les hyménoptères dont l'abdomen est attaché au tronc par un simple filet n'ont que quatre muscles principaux du vol pour leurs quatre ailes; savoir : deux abaisseurs (*muscles dorsaux*) et deux releveurs (*sternali-dorsaux*). C'est du moins ce que j'ai observé dans les bourdons et les abeilles. Je n'ai encore remarqué dans aucune autre espèce d'insectes une aussi grande simplicité. Ces muscles sont rougeâtres, et chacun est composé de petits faisceaux de fibres serrés entre eux et ayant tous à peu près la même direction. Les deux muscles dorsaux sont très-forts, parfaitement semblables, se touchent par leurs faces internes et occupent la région moyenne et supérieure du tronc; leurs faces externes sont couvertes par les moitiés supérieures des deux releveurs, et leurs faces inférieures forment le haut du canal

par où passe le tube alimentaire. Ils sont fort inclinés en avant et s'attachent postérieurement à la face concave du costal jusqu'à l'articulation de ses branches avec les bras de la bascule; en haut et en avant ils s'insèrent sur toute la face concave du tiers mitoyen du dorsum et à son rebord cervical ou *prœdorsum*. Les fibres de la partie inférieure de ces muscles, s'attachant ainsi aux deux points les plus éloignés que présentent le costal et le dorsum, sont les plus longues et les plus libres, car dans leur contraction elles ne sont contenues, du côté d'en bas, que par le fluide nourricier et par les vésicules aériennes alors gonflées, entourant le canal alimentaire dans son trajet au travers du thorax (1). Or, l'étendue de la contraction des fibres étant proportionnelle à leur longueur, et les fibres les plus longues des muscles qui nous occupent, agissant en outre sur les bras de levier les plus longs que puissent offrir les deux pièces auxquelles ils s'insèrent, peuvent rapprocher considérablement les extrémités de ces pièces, et, en poussant et haussant particulièrement le dorsum d'avant en arrière, élever par là toute sa partie moyenne comprise entre le tiers antérieur et le tiers postérieur. A l'égard des fibres les plus courtes et les moins libres, lesquelles sont pressées par la face intérieure de la bascule, et qui s'insèrent au bord supérieur du costal et à l'extrémité postérieure du dorsum, les deux points les plus rapprochés des deux pièces, elles reçoivent, de la gêne où elles se trouvent, un surcroît de force qui compense en partie

(1) S'il n'y a qu'une seule vésicule dans le thorax attachée au canal alimentaire, ce qui me paroît assez difficile à décider, elle couvre bien certainement le dessus de l'intestin et ses côtés auxquels elle paroîtroit adhérer.

leur peu de longueur. Ces considérations importantes entrent dans l'explication du vol; nous en avons déjà donné un exemple en traitant du vol des coléoptères. Il n'y a point de muscles costali-dorsaux proprement dits (1).

Les bourdons, les abeilles et les frelons sont les seuls hyménoptères dans lesquels j'ai trouvé que les deux muscles sternali-dorsaux, bien loin de pencher en avant et en dehors et de figurer un V en se joignant en bas comme chez la plupart des autres insectes, penchent plutôt en arrière et en dedans. En haut ils laissent entre eux les muscles dorsaux, et en bas la plaque furculaire et plusieurs muscles des pattes mitoyennes.

Ils sont plats en haut dans le sens longitudinal à leurs insertions aux faces intérieures des deux tiers latéraux du dorsum, et presque ronds en bas: les portions de leurs fibres, attachées aux parties postérieures et latérales du dorsum, se portent en avant et forment en bas, avec les portions antérieures, des faisceaux épais qui remplissent les deux fosses antérieures de la conque pectorale.

La partie inférieure de ces muscles est couverte en avant et en dehors par les tégumens de la conque et par des vésicules aériennes.

Dans les scolies et les sphex ces deux muscles sont au contraire fort inclinés en avant.

---

(1) En traitant des muscles du vol chez le *hanneton* dans le chap. II, t. VII, p. 333 des Mémoires du Muséum, j'ai considéré à tort les costali-dorsaux comme des auxiliaires des releveurs des ailes; je suis maintenant bien convaincu que ces muscles sont au contraire de vrais congénères des dorsaux, et qu'ils participent à la dilatation du tronc alifère et à l'abaissement des ailes.

Les petits muscles destinés spécialement à étendre et à replier les ailes sont assez nombreux ; j'ai déjà indiqué le muscle biceps qui s'insère au claviculaire et qui étend la grande aile, et la porte en avant dans son élévation. Ceux qui replient les ailes conjointement avec les nervures rétractives, sont placés au-dessous de la partie axillaire de ces ailes ; il en a été question en parlant de l'omoplate, de l'ongulaire, etc. On a fait mention aussi des petits muscles sous-axillaires extenseurs et releveurs de la petite aile, en traitant de la subdivision des branches de l'entosternum et des digitations de la demi-ceinture. Tous ces muscles contribuent plus ou moins à élever l'aile ; ceux qui la plient sont situés aux mêmes lieux, mais plus en dehors.

Du vol. — Nous allons voir 1°. que dans l'abaissement des ailes, la détente des ressorts des pièces de la région dorsale du tronc a lieu de bas en haut et en arrière ; 2°. que, lors de l'élévation de ces mêmes ailes, le débandement s'opère en bas et surtout en avant ; 3°. et enfin que l'air et le liquide intérieurs sont forcés, dans l'un et l'autre cas, de suivre les directions que nous venons d'indiquer pour la détente des pièces élastiques solides de la région dorsale du tronc.

Au moment où les ailes vont s'abaisser l'abdomen est dilaté, les muscles dorsaux sont tiraillés par l'effet de l'éloignement des pièces auxquelles ils s'attachent, les côtés du tronc sont rapprochés, le dorsum est abaissé vers la partie sternale de la poitrine, la capacité du tronc en est diminuée, l'air qu'il renferme étant comprimé une partie s'est portée dans les nervures des ailes avec une portion de liquide ; et enfin les tégumens et les autres parties élastiques du tronc solides ou liga-

menteuses, se trouvant, ou plus éloignés ou plus rapprochés entre eux que dans leur état de repos, sont bandés. Mais aussitôt que les muscles sternali-dorsaux qui ont produit ces effets cessent d'agir, toutes les pièces tendues se débandent à la fois; l'air refoulé dans les ailes rentre en partie dans le tronc, le dorsum, auquel sont attachés les muscles du vol, se retire en arrière et s'élève brusquement en s'élargissant et en entraînant les parties internes des bases des ailes, de sorte que les externes sont abaissées et les ailes avec elles. Les côtés du tronc s'écartent, et ses parties antérieure et postérieure se rapprochent, étant tirées, la première en arrière et la seconde en avant; le tout secondé par l'action musculaire, par la dilatation du fluide aérien intérieur et par le nouvel air que l'abdomen, en se resserrant et en se relevant simultanément et tout à coup, introduit alors dans le thorax.

Entrons dans plus de détails. Par la contraction des muscles dorsaux le costal est tiré en avant et en haut avec la portion postérieure de la conque pectorale à laquelle il tient au moyen des deux muscles ou ligamens élastiques costali-métathorachiques; mais la plupart de ces pièces étant articulées par leurs extrémités antérieures avec d'autres qui les empêchent plus ou moins efficacement d'avancer, alors une partie de la force musculaire qui agit sur elles est employée à diminuer leur convexité postérieure; d'où s'ensuit l'écartement de leurs parties latérales et le haussement de leurs bords supérieurs et des pièces superposées. La partie inférieure du costal étant très-libre, et les fibres qui agissent sur elles étant aussi les plus libres et les plus longues des muscles dorsaux, cette partie en est tirée en haut et en avant avec force; en sorte que

les extrémités des branches du costal, s'élevant et s'écartant l'une de l'autre et en se mouvant dans leurs articulations avec leurs appendices, poussent en haut et en dehors les bras de la bascule et les côtés du dorsum. Cette dernière pièce et le collier, articulés ensemble, sont au contraire poussés en arrière, entraînant avec eux le devant de la conque pectorale et les appuis des ailes; et, attendu que le collier en se redressant décrit un arc ascendant et rétrograde autour de son articulation inférieure, les parties antérieures et supérieures des deux pièces en sont élevées.

Le dorsum en reculant communique une partie de son mouvement à la bascule, en agissant principalement sur le post-dorsum, dont le haut seul va en arrière, car le bas, retenu sur la demi-ceinture, se meut en sens opposé avec le costal, ainsi que nous l'avons dit plus haut. Le post-dorsum se mouvant donc dans son articulation avec la demi-ceinture, hausse son bord antérieur et élève par là toute la partie postérieure du dorsum avec laquelle ce bord est articulé; les extrémités des bras basculaires s'élevant en même temps, se portent en avant, en haut et en dehors, haussent les côtés du dorsum, et les éloignent l'un de l'autre avec les osselets de la base de l'aile, d'où résultent simultanément l'abaissement de cette aile et son mouvement en arrière. De plus, le post-dorsum, quoique capable d'une grande résistance, pressé fortement par le dorsum contre la demi-ceinture, cède peut-être un peu, se fléchit de haut en bas et se trouve ainsi bandé: ce fait est d'autant plus probable que dans les bourdons la courbure naturelle de cette partie de la bascule se prête à ce qu'il ait lieu, que ses rebords internes sont libres et laissent

entre eux un espace qui n'est pas occupé, et enfin que c'est probablement et en partie par le moyen de la flexion du post-dorsum dans le sens que nous venons d'indiquer, que doit s'opérer l'écartement latéral des bras basculaires, lequel écartement se communique aux côtés du dorsum, aux branches de la demi-ceinture et par celles-ci aux parois latérales de la conque.

Par tous ces faits les tégumens et les parties ligamenteuses du tronc se trouvant hors de leur point d'équilibre sont bandés de nouveau. Le tronc a son diamètre antéro-postérieur raccourci, et ses deux autres diamètres, le vertical et le transversal, augmentés; d'où résultent l'agrandissement de sa capacité et la dilatation de l'air intérieur. C'est alors que l'abdomen, qui vibre en haut en se resserrant ou en se raccourcissant, fait entrer dans le thorax une partie de l'air qu'il recèle; et ce fluide, se trouvant ainsi très-abondant dans le thorax, contribue à en dilater toutes les parties (1).

---

(1) Je crois avoir observé que chez les insectes où l'abdomen est sessile, les muscles releveurs de cette partie et les mouvemens qu'ils lui impriment sont beaucoup plus foibles que dans les insectes où le ventre tient au thorax par un pédicule plus ou moins marqué; en voici, selon moi, la raison : c'est que chez les premiers le dessus du ventre étant presque toujours attaché à la partie supérieure et postérieure du costal, ne reçoit dans le vol d'autre mouvement que celui qui lui est communiqué par le costal de la manière suivante : lorsque cette dernière pièce est tirée en avant par la contraction des muscles dorsaux, la partie du ventre qui y est fixée est aussi tirée subitement dans le même sens, en sorte que l'abdomen en est mû de bas en haut autour de son articulation avec la conque pectorale; mais cette sorte de mouvement n'est jamais considérable; tandis que chez quelques hyménoptères et surtout chez les papillons, où l'abdomen ne tenant nullement au costal est mû en haut par des muscles particuliers assez puissans, les mouvemens de cette partie ont beaucoup d'étendue.

Les bras de la bascule et les côtés du dorsum, en s'élevant et en s'écartant, entraînent avec eux les parties internes des sigmoïdes, des ongulaires, etc.; ceux-ci arrêtés dans leurs articulations avec les appuis des ailes, tournent autour de ces articulations; leurs parties externes en sont abaissées et les ailes avec elles.

La valve radicale tenant au dorsum et par un ligament particulier au claviculaire et à la base de l'aile, est aussi abaissée par la projection en haut du dorsum; appuyant son bord externe sur la tige basilaire en dehors de l'appui, elle contribue par là à pousser l'aile en bas.

Mais l'air extérieur résistant à l'abaissement des ailes, c'est surtout le tronc qui s'élève au-dessus d'elles, en prenant son point d'appui dans le fluide ambiant par l'intermède de ces mêmes ailes. Ainsi le tronc s'élevant, les ailes se trouvent naturellement abaissées et portées un peu en arrière. Cette ascension du tronc est produite par la force centrifuge qui résulte de la dilatation subite de toutes les parties du corps et de l'air qu'il renferme, suivant une progression croissante de bas en haut: dilatation que nous avons fait connoître en détail.

Presque tout ce que nous venons de dire relativement à l'aile supérieure s'applique également à l'aile inférieure, qui est aussi élevée et abaissée, de concert avec ses muscles propres, par les mêmes mouvemens du costal, de la bascule et du dorsum qui meuvent la première.

Les muscles sternali-dorsaux ayant été tiraillés par l'élévation du dorsum, sont en mesure d'agir efficacement dans le mouvement suivant. Lors donc que les dorsaux proprement

dits cessent leur action, le tronc du corps, soutenu par la force centrifuge ascendante qui l'anime encore, provenant de l'impulsion précédemment reçue et par la résistance de l'air à son mouvement rapide, est en état de servir à son tour de point d'appui au mouvement par lequel les ailes vont être portées en haut et en avant. Toutes les pièces écartées ou élevées plus que dans leur état de repos se rapprochent ou descendent; au contraire, celles qui avoient été rapprochées s'éloignent : par exemple le costal, sollicité par sa force de ressort et par plusieurs petits muscles, se resserre en se portant en avant avec toutes les pièces qui le précèdent et celles qui le suivent, telles que les parties antérieures et latérales de la conque pectorale et la demi-ceinture. Le dorsum, le collier et la bascule sont aussi à la fois abaissés le plus possible, poussés en avant et tirés de dehors en dedans. Les parties internes des osselets radicaux étant abaissées en même temps et ramenées en dedans, il s'ensuit que leurs parties externes s'élèvent avec les ailes; mais les bras de la bascule en s'abaissant décrivent un petit arc rentrant et rétrograde, entraînant dans le même sens la partie interne de la base de l'aile; ce qui fait que cette aile en s'élevant se porte aussi en avant, aidée d'ailleurs par les muscles biceps. La seule partie du tronc qui ne bouge pas dans cette circonstance, étant celle qui est du côté du point d'appui extérieur, ou la sternale, autour de laquelle tous ces mouvemens s'opèrent, les muscles sternali-dorsaux y prennent leurs points fixes, afin de seconder et d'accélérer l'action de la force de ressort, en tirant, suivant la direction de leurs forces, chaque pièce de haut en bas, d'arrière en avant et de dehors en dedans.

Le mouvement rapide imprimé de la sorte à toutes les parties du tronc, les portant pour la plupart en dedans de leur position d'équilibre, et seulement quelques-unes en dehors de cette position, elles sont encore bandées avec leurs ligamens; le tronc est resserré, vu que deux de ses diamètres, le transversal et le vertical, sont devenus plus courts, et que le seul antéro-postérieur s'est agrandi; sa pesanteur spécifique en est augmentée avec l'intensité de la force centrifuge. Sa capacité intérieure étant ainsi diminuée, l'air y est condensé et refoulé avec un peu de liquide dans les nervures des ailes, facilitant par là l'élévation de ces dernières. Or, de la rapidité de ce mouvement des ailes, s'opérant en même temps que l'abdomen se dilate et que le tronc se porte en avant, il résulte en elle une force centrifuge ascendante assez intense pour diminuer ou arrêter la tendance du corps à descendre. La force qui resserre le thorax, quoique augmentant sa pesanteur spécifique, tourne donc encore au profit du vol, en procurant aux ailes une élévation rapide et facile, par le refoulement dans leurs nervures de l'air et d'un liquide provenant de l'intérieur du tronc.

Ainsi, comme chez les oiseaux, les ailes des hyménoptères s'abaissent dans la dilatation du tronc, le resserrement de l'abdomen et dans le haussement de ces deux parties; et elles s'élèvent lors de la constriction du thorax, de la dilatation du ventre et de la projection de ces parties en avant (1). Le

---

(1) Dans le chap. III du Vol des Insectes, t. VII des Mémoires du Muséum, p. 364, lig. 2, on a imprimé par erreur que l'abdomen des libellules se resserroit dans l'élévation des ailes; *lisez:* « Et finalement l'abdomen se dilate, reçoit par ce moyen de nouvel air, et diminue ainsi les inconvéniens de sa descente; il contribue même par là à soutenir le corps au milieu de l'atmosphère. »

vol de ces insectes est donc en partie un état alternatif de tension et de relâchement de l'air intérieur et de toutes les parties solides et ligamenteuses du corps; mais le relâchement des parties solides n'a lieu que dans le point d'équilibre ou de repos qui est toujours dépassé tant que le vol dure, soit en dedans de ce point soit en dehors (1).

Il me reste à faire connoître les différences que présentent plusieurs insectes de cet ordre dont l'abdomen est sessile.

L'organisation, tant extérieure qu'intérieure, du tronc alifère des *tenthrèdes* et des *urocères*, ressemble un peu à celle du tronc des sphinx, des papillons et des friganes; car, de même que chez ces derniers insectes, les deux segmens alaires sont distincts et ne sont unis, soit dans leur région dorsale, soit dans la pectorale, que par des ligamens.

Les tégumens des insectes de cette espèce que j'ai examinés sont en général flexibles; excepté dans les sirex géans

---

(1) En général, d'après mes observations, quand les ailes des insectes s'abaissent, une partie du liquide contenu dans leurs nervures et une partie de l'air refoulé dans les trachées de ces nervures, rentrent dans le tronc alifere par l'effet de la dilatation de ce tronc; ces ailes présentant en outre une grande surface à l'air, leur pesanteur spécifique en est considérablement diminuée. C'est le contraire quand elles s'élèvent; alors l'air et le liquide sont poussés dans leurs nervures par le resserrement du tronc, et la surface qui fend l'air étant étroite, leur pesanteur spécifique augmente avec l'intensité de la force centrifuge.

Les mêmes circonstances ont lieu à l'égard du tronc: quand il s'élève il est dilaté; il se resserre et sa pesanteur spécifique augmente avec l'intensité de la force centrifuge lorsqu'il se porte en avant. De plus le fluide nourricier n'étant point contenu dans des vaisseaux particuliers et baignant de toutes parts les parties intérieures, ainsi que M. Cuvier l'a observé, il n'y a pas de doute que, dans la compression et la dilatation du tronc alifere, le liquide ne reçoive comme l'air des impulsions qui le chassent soit en haut, soit en avant, et le rendent par là utile à la progression dans l'air.

où les tégumens du tronc alifère sont assez durs; mais en revanche les articulations des diverses parties de ce tronc sont très-peu serrées.

Chez les tenthrèdes et les cimbex, le *collier* paroît former un anneau complet fortement articulé avec le devant de la poitrine, et portant antérieurement et en haut une espèce de cou propre à couvrir les muscles releveurs de la tête et à leur donner insertion.

Chez les sirex géans, le collier est fort large sur ses côtés d'avant en arrière, et étroit dans sa partie moyenne, mais il ne fait pas même un demi-anneau; il doit la largeur et l'élévation de ses parties latérales à des sinus grands et profonds, dans lesquels s'insèrent de petits muscles sans les remplir (1). Son ouverture antérieure est simple et n'a point en haut de bord saillant en forme de cou, comme dans l'espèce précédente; les muscles de la tête n'y sont défendus des atteintes extérieures que par une membrane ligamenteuse épaisse et lâche; ses opercules ne couvrent qu'imparfaitement les stigmates thorachiques antérieurs : il ne tient aux parties solides environnantes, telles que le dorsum, le plastron, les hanches antérieures, que par des membranes assez lâches; seulement son union avec la conque pectorale est un peu plus serrée. La partie supérieure de son bord postérieur se recourbe en arrière et en bas, et s'unit par l'intermède d'une membrane ligamenteuse lâche *à l'appendice antérieur du dorsum*, con-

(1) Peut-être que ces sinus servent aussi à augmenter l'intensité du son dans le bourdonnement. Dans cette hypothèse ils peuvent avoir quelque analogie avec les vésicules semi-écailleuses placées sur le prothorax des sphinx et des papillons.

sistant en une lame mince, écailleuse, de forme triangulaire, située au devant du dorsum, et soudée en dehors et en bas avec le rebord antérieur de cette dernière partie (ou le *prædorsum*). Quand le dorsum s'abaisse le rebord postérieur du collier est bandé, puisqu'il est tiré en bas ainsi que plusieurs autres parties articulaires adhérentes; dans la circonstance opposée, ces parties et le rebord postérieur du collier doivent donc se débander, et contribuer à élever le devant du dorsum et à dilater le tronc. Chez les tenthrèdes l'articulation du dorsum avec le collier est semblable.

On remarque au *dorsum* des enfoncemens symétriques correspondant à des nervures internes. Dans les cimbex, le milieu de la face concave du dorsum est encore fortifié par des nervures longitudinales et obliques assez fortes; elles sont surtout remarquables dans la moitié antérieure du dorsum, l'autre moitié devant être plus élastique.

L'*appendice basculaire* ou post-dorsum, remplaçant la bascule, est soudé à la partie postérieure du dorsum, et s'articule par ses bras plus libres, avec l'osselet terminal de la base de chaque aile.

Le *métathorax* s'unit d'une manière plus ou moins lâche avec le segment alaire antérieur. Le dorsum des ailes inférieures a beaucoup d'analogie avec celui des papillons.

L'appui de l'aile est marqué en bas et en dehors par un sillon plus ou moins profond, fort incliné en avant, correspondant en dedans à une arête que je nomme fulcrale, vu qu'elle sert d'appui à l'aile. Quant à l'extrémité articulaire de cette arête elle diffère peu, par sa forme et par le mode d'articulation avec l'aile, de celle des sphinx, surtout dans les

sirex géans. Comme chez les coléoptères, on remarque au devant de l'appui de la grande aile, une écaille axillaire susceptible d'être abaissée par un muscle très-fort (le *pectorali-axillaire*) situé en dehors du releveur de l'aile.

Dans les sirex, la *crête sternale* qui a peu de hauteur s'étend jusqu'au devant de la poitrine; derrière s'élève une *tige furculaire* dont les branches courtes servent d'attaches à plusieurs muscles; à l'extrémité de chaque branche s'insère le tendon d'un muscle ou ligament élastique venant de l'arête fulcrale, pouvant servir à rétrécir le tronc lorsqu'il a été trop élargi. Les *branches furculaires* du prothorax sont plus étendues; elles servent de points d'attache à plusieurs muscles, entre autres à ceux de la tête.

Le *costal*, conformé comme celui des sphinx, descend fort bas; il est articulé latéralement à la conque pectorale, et uni en haut au post-dorsum par une membrane lâche qui est tendue dans la contraction des muscles dorsaux; le bord supérieur de cette pièce est vu de dehors, et l'inférieur est échancré pour le passage de l'intestin, des vésicules aériennes qui l'accompagnent et des autres vaisseaux.

Les *muscles dorsaux* diffèrent peu de ceux des autres hyménoptères; mais chaque aile a ses releveurs particuliers (*sternali-dorsaux*); ceux des petites ailes se trouvent sur les côtés du métathorax. On voit de plus, au-dessous de la racine des ailes, d'autres muscles dont les fibres s'insèrent en haut à des cupules écailleuses; je les crois destinés à étendre et à replier les ailes; mais le plus antérieur et le plus fort de ces muscles, le *pectorali-axillaire*, abaissant l'écaille axillaire, est évidemment destiné à porter rapidement l'aile en avant dans son élévation.

Comme chez les papillons, on voit sur les côtés du tronc et en arrière, une longue apophyse descendante, tenant aux bras basculaires, et à laquelle s'attache un muscle ou ligament élastique qui en haut s'insère au dorsum, et qui me paroît destiné à relever ces bras lorsqu'ils ont été abaissés.

Les ailes du sirex géant sont glabres, transparentes, de nature écailleuse; l'extrémité et le bord postérieur de chaque aile portent des plis très-fins et très-réguliers.

La *valve radicale* existe dans les tenthrèdes, cimbex, etc., mais elle est située tout-à-fait au devant de la racine de l'aile supérieure; elle me paroît tenir un peu de cette espèce d'épaulette couvrant la base de l'aile antérieure des papillons.

Dans les sirex géans on voit, à la vérité, au devant de la base de l'aile supérieure une écaille tenant au dorsum et engagée dans les membranes ligamenteuses de cette partie, vraisemblablement afin de les protéger; mais n'étant libre dans aucune de ses parties elle ne peut avoir tous les usages des valves radicales.

CHAPITRE V.

Des Criquets (pl. 13, fig. 1, 3 et 4).

Les deux segmens alaires des criquets de passage *acrydium migratorium*, ne sont susceptibles d'être séparés que dans leurs portions dorsales; leurs portions pectorales étant unies intimement; chacun de ces segmens contient les muscles propres aux ailes qui lui appartiennent; lesquels muscles sont

disposés, à quelque chose près, comme ceux du métathorax, des coléoptères.

Les rapprochemens les plus frappans qu'il soit possible de faire entre le tronc alifère de ces insectes et celui des coléoptères sont que, dans l'un et dans l'autre, le principal segment alaire est le postérieur, et que les muscles dorsaux ne s'insèrent point aux voûtes des dorsum, mais seulement aux demi-cloisons transversales qui séparent en deux parties le haut de l'intérieur du tronc alifère. La même disposition a lieu chez les fourmilions et chez les ascalaphes. (Il est bon de se rappeler à cette occasion que, chez les coléoptères, il n'y a qu'un seul système de muscles du vol pour les ailes et les élytres.)

Mais les criquets sont de tous les insectes que j'ai examinés, ayant pour chaque paire d'ailes des muscles particuliers du vol, les seuls où le segment alaire antérieur, soit d'un tiers au moins plus petit que le postérieur. Du reste, la forme des organes intérieurs du vol est la même dans l'un et dans l'autre segment.

Le *prothorax* est fort grand; antérieurement il reçoit la tête, laquelle y est attachée par une membrane ligamenteuse très-lâche; et une bonne portion du mésothorax est admise et fixée par une semblable membrane dans son ouverture postérieure. Je présume que cette emboîture de la tête et du tronc alifère dans le prothorax, empêchant ces insectes de se tourner facilement, fait que leur vol est presque toujours direct.

Les tégumens du tronc alifère sont assez fermes; de plus, ils sont soutenus par une charpente intérieure composée de nervures dont les principales servent en même temps d'ap-

puis aux ailes et aux élytres ; entre celles-ci, il en existe une autre placée sur la suture unissant d'une manière intime les portions pectorales du mésothorax et du métathorax.

Les bords de la conque pectorale sont aussi fortifiés par des nervures ; en arrière, les parties latérales de cette conque, unies intimement au costal, sont contenues par lui.

Dans quelques sauterelles les portions pectorales des deux segmens alaires ne sont unies entre elles que par une forte membrane ligamenteuse assez lâche, laquelle est tendue quand, dans l'élévation des ailes, les deux segmens s'éloignent l'un de l'autre ; elle fait un pli considérable en dedans lorsque, au contraire, ces segmens se rapprochent.

Les appuis des ailes consistent en quatre nervures intérieures inclinées en avant et marquées en dehors par un sillon peu profond. En haut, ces appuis se recourbent un peu en dedans et se terminent par une tête oblongue et longitudinale s'élevant au-dessus des parois de la conque et s'articulant avec la base des ailes. Ils sont liés entre eux par les tégumens, et de plus, ils le sont en haut par les nervures longitudinales des bords supérieurs de la conque et, en bas, par celles qui bordent les ouvertures rondes par où les jambes s'articulent au tronc. Chaque tige de ces appuis s'épaissit en descendant et porte en bas une énorme apophyse transverse et à peu près horizontale, laissant un espace vide entre elle et l'ouverture articulaire de la hanche correspondante, ouverture qu'elle coupe en travers. Cette apophyse s'articule en biseau et s'unit fortement par des ligamens serrés avec les branches aussi transverses d'un osselet bifurqué, qu'ailleurs et sous d'autres formes nous avons appelé l'*entosternum*,

dont la tige peu élevée est plantée sur le milieu de la paroi sternale, entre les deux appuis correspondans. Plusieurs muscles, entre autres ceux des pattes, s'attachent soit aux côtés des tiges saillantes des appuis, soit aux branches de l'entosternum, soit enfin aux tégumens intermédiaires.

Les dorsum des deux segmens alaires et les bras de leurs appendices basculaires (ou les bras de leurs post-dorsum respectifs) s'articulent latéralement par l'intermède de deux larges osselets radicaux, ou *huméraux*, se repliant sur eux-mêmes lorsque l'aile est en repos, avec les bases des ailes correspondantes à peu près comme chez les papillons et chez plusieurs autres insectes. Le rebord antérieur du dorsum mésothorachique tient aussi par des ligamens aux côtés de la conque pectorale par l'intermédiaire d'une apophyse montante de cette conque (1) s'élevant au-dessus de son bord supérieur et faisant suite à la nervure marginale de son bord antérieur. Au moyen de cette union, lors de la contraction des muscles dorsaux, les côtés de la conque peuvent être écartés et poussés en arrière avec les appuis des ailes et en même temps que le dorsum. La partie antérieure et latérale du dorsum métathorachique est également fixée au bord supérieur de la conque par des membranes ligamenteuses.

Ces dorsum sont intimement liés en arrière avec leur appendice basculaire dont le post-dorsum fait partie ; la suture d'union est marquée en dessus par une dépression transversale et en dedans par une nervure correspondante à laquelle

---

(1) La conque pectorale des hyménoptères et des lépidoptères porte aussi en devant des pièces qui s'articulent avec les parties antérieures des côtés du dorsum.

s'attache une membrane allant joindre le bord postérieur du post-dorsum qui se recourbe en dessous en forme d'ourlet. Le même bord donne attache, en outre, à la membrane ligamenteuse et lâche qui l'unit au dorsum du métathorax. Le bord postérieur de l'appendice basculaire du dorsum métathorachique se recourbe aussi en dessous, où il se joint étroitement à la partie antérieure et écailleuse du costal. Ces deux appendices tiennent latéralement par le moyen de ligamens très-lâches, aux derniers osselets radicaux des bases des ailes.

Pour recevoir les muscles dorsaux des deux segmens alaires, l'intérieur de la région supérieure du tronc alifère est divisé en deux loges par *trois demi-cloisons transversales*, deux extrêmes et une intermédiaire, toutes trois bilobées et servant à l'insertion de ces muscles dorsaux. La première est formée par le rebord antérieur du dorsum mésothorachique; l'intermédiaire, descendant verticalement très-bas dans l'intérieur du tronc, appartient au rebord antérieur du second dorsum, elle sert d'attache commune, par ses deux faces antérieure et postérieure, aux muscles dorsaux des deux segmens, et enfin la troisième fait partie *du costal*. Celui-ci est d'une structure toute particulière, vu qu'il est uni intimement à l'appendice basculaire du dorsum métathorachique et aux parties latérales de la conque pectorale. Il est composé de trois portions principales, la première est intérieure, c'est la demi-cloison transversale postérieure, laquelle est inclinée de manière que son bord supérieur est en avant et son bord libre reculé en arrière; elle est aussi courbe, sa face convexe regarde l'abdomen et sa face concave donne attache aux muscles dorsaux du métathorax; enfin elle est épaisse et s'u-

nit intimement, par ses extrémités, à des arêtes des parois latérales de la conque pectorale, lesquelles correspondent à l'espèce d'étranglement extérieur qui sépare le tronc de l'abdomen; elle-même correspond, par son bord supérieur, à la partie dorsale de cet étranglement formée par la disposition des deux autres parties du costal. L'une de celles-ci partant du bord supérieur de la cloison, va en avant et en montant au rebord en forme de ressort du post-dorsum métathorachique, et la dernière portion, ou l'appendice postérieur du costal, commençant aussi au bord supérieur de la cloison, s'étend en arrière en s'élevant et forme l'arceau supérieur du premier anneau du ventre (1). Par ce moyen, l'abdomen qui est pesant se trouve soutenu, et, dans le vol, les mouvemens imprimés au costal peuvent lui être communiqués. Etant pour ainsi dire suspendu au costal, il étoit nécessaire que celui-ci fût solidement arrêté, ce qui a lieu en vertu de son union intime avec le dorsum postérieur et avec les parois latérales de la conque.

C'est dans cet *appendice du costal*, ou segment médiaire, que sont pratiquées les cavités latérales et ovales que l'on croit être en partie *l'organe du chant* (2). En avant de cha-

(1) Cet arceau tenant à une portion du métathorax fait partie du segment médiaire de M. Latreille.

(2) M. Latreille donne à ces cavités le nom de *tambour* (voy. le mémoire très-curieux de ce savant sur l'organe musical des criquets et des truxales, Mém. du Muséum, t. VIII).

Mon mémoire sur le vol des criquets faisoit partie de l'ouvrage que j'ai présenté à l'Académie des Sciences le 28 février 1820; mais des circonstances en ayant retardé l'impression dans les Mémoires du Muséum, j'ai eu par là l'heureuse occasion de parler des recherches nouvelles de M. Latreille, et surtout de me convaincre

cune de ces cavités, on voit aussi un stigmate où aboutissent plusieurs grosses trachées aériennes. Il seroit intéressant de vérifier sur des insectes grands et bien frais de cet ordre si le muscle qui meut la cuisse dans la stridulation, ne ressère pas en même temps la caisse du tambour afin d'en chasser l'air par la petite ouverture ovale pratiquée dans la membrane de ce tambour et faire ainsi vibrer les bords de cette ouverture.

L'aile des criquets de passage est des plus belles que j'aie vu; elle est glabre, admirablement réticulée et plissée longitudinalement en façon d'éventail. Cependant, les plis de l'éventail ne donnent qu'une idée imparfaite de ceux de cette aile; on peut en juger par la coupe transversale que j'ai faite de cette aile (pl. 13, fig. 4). Sa partie membraneuse est transparente et sans couleur, ses nervures sont fortes quoique déliées, leur surface est lisse et nette, les plus grosses sont à l'intersection des plis supérieurs. Elles s'articulent avec l'humérus qui de son côté se lie avec les osselets radicaux.

Les élytres sont convexes en dessus et concaves en dessous afin de retenir l'air; elles contribuent, sans aucun doute, directement au vol, pouvant se mouvoir d'une manière indépendante des ailes et aussi bien qu'elles; à la vérité, les muscles du mésothorax qui produisent ce mouvement progressif, sont moins longs que ceux qui meuvent les ailes vé-

---

que le frottement des cuisses contre les élytres contribuoit au chant des insectes précités; en conséquence je crois que la stridulation du criquet est le produit de ce frottement, et de plus (ainsi que je l'ai déjà avancé dans mon premier chapitre) le produit de l'air intérieur qui, en s'échappant par l'ouverture pratiquée dans la membrane du tambour, fait vibrer les bords de cette ouverture et toute la membrane; car il est à présumer que le bruit occasionné par le seul frottement des élytres est foible et ne doit servir que de modification au son.

ritables; mais aussi la surface des élytres est plus petite que celle de ces ailes.

Dans le vol, la base de l'élytre joint en arrière celle de l'aile par le moyen d'une membrane épaisse. Cette base de l'aile s'étend à son tour en arrière par une semblable membrane dont le bord postérieur est soutenu par la nervure rétractive; cette dernière part du bord postérieur du post-dorsum et se dirige du côté de l'abdomen. Nous avons déjà vu que d'autres insectes offrent de semblables appendices aux bases de leurs ailes et de leurs élytres. Je dois faire remarquer que les osselets des bases des ailes et des élytres sont liés entre eux (comme chez tous les autres insectes) par deux membranes dont l'une est supérieure et l'autre inférieure, et entre lesquelles les fluides intérieurs ont accès (1).

Les muscles du vol ne remplissent pas entièrement l'intérieur du tronc alifère; dans quelques espèces qui volent peu, le vide qu'ils laissent au milieu de la portion pectorale ou inférieure de ce tronc, et qui est en partie occupé par l'estomac, est très-considérable.

Les muscles dorsaux abaisseurs des ailes sont au nombre de deux dans chaque segment et disposés comme chez les coléoptères; la direction de leurs fibres est longitudinale et à peu près parallèle au plan de la ligne moyenne du dos, je dis à peu près, car les muscles dorsaux des ailes sont horizontaux, tandis que ceux des élytres s'insèrent en montant au rebord

(1) Chez beaucoup de coléoptères les élytres sont doublées intérieurement par une pellicule susceptible de se détacher facilement; je soupçonne que des fluides intérieurs peuvent pénétrer entre quelques parties de cette pellicule et l'élytre proprement dite.

antérieur du dorsum mésothorachique, rebord qui descend peu dans l'intérieur du tronc. Ces derniers muscles, quoique puissans, sont beaucoup plus courts que ceux des ailes. Dans quelques espèces de sauterelles, ils sont foibles et composés de plusieurs faisceaux.

Je n'ai point découvert chez les criquets les muscles costali-dorsaux proprement dits que l'on remarque dans beaucoup d'autres insectes, entre autres dans les coléoptères.

Les *releveurs des ailes* (*sternali-dorsaux*) sont inclinés en avant, mais non en dehors, et composés de quatre ou cinq faisceaux, séparés en bas où ils s'attachent à la paroi sternale, mais se réunissant en haut à leur insertion aux parties latérales des dorsum de chaque côté des muscles dorsaux. On trouve parmi eux quelques muscles des pattes.

Les muscles du vol dans les deux segmens alaires ont pour auxiliaires d'autres muscles presque verticaux situés en dehors de tout le système musculaire du vol près des parois latérales de la conque pectorale, ne tenant qu'à cette partie et contribuant à dilater le tronc, à étendre et à replier les ailes, à les abaisser et à les relever (*muscles pectorali-axillaires antérieurs et postérieurs*); les uns et les autres s'attachent au bas, à la poitrine et aux hanches des pattes mitoyennes et postérieures, de chaque côté des apophyses transverses des appuis des ailes. Le pectorali-axillaire antérieur est très-fort, s'insère en haut à une écaille axillaire fixée par des ligamens sur le bord supérieur de la conque au-devant de la base des ailes et engagée par toutes ses autres parties dans les membranes axillaires; sa principale fonction paroît être de tirer l'aile

en avant dans son élévation et de la rapprocher du tronc (1). Le pectorali-axillaire postérieur, un peu plus foible, s'insère aussi aux membranes axillaires de la partie postérieure de la racine de l'aile, par l'intermédiaire d'une petite cupule écailleuse et intérieure. Il doit, ce me semble, rapprocher l'aile du tronc lors de son abaissement et contribuer à la fermer. On voit encore d'autres petits muscles près des pectorali-axillaires qui, je pense, sont les congénères de ces derniers.

Dans la contraction des muscles dorsaux les deux dorsum sont élevés et poussés en arrière, en sorte que l'antérieur monte un peu sur celui du métathorax; les côtés de la conque pectorale sont aussi poussés dans le même sens par l'intermède des apophyses qui les lient avec les côtés du rebord antérieur du dorsum, de manière que les appuis des ailes s'écartent et reculent un peu; les sommets des voûtes des dorsum qui sont libres, vu que les muscles dorsaux ne s'insèrent qu'à leurs rebords antérieurs et au costal, en étant légèrement courbés d'avant en arrière, leurs extrémités se rapprochent, leur centre monte et leurs parties latérales s'élèvent aussi et s'écartent. En outre, le costal étant tiré en avant et sa convexité diminuant, il s'ensuit que les côtés de la conque pectorale sont éloignés l'un de l'autre et que la portion supérieure et antérieure du costal s'élève et hausse en même temps le post-dorsum et l'extrémité postérieure du dorsum métathorachique; par toutes ces causes le tronc alifère est dilaté, les parties internes des osselets radicaux sont élevées et les parties

(1) Un examen approfondi me fait regarder le muscle pectorali-axillaire du hanneton comme destiné principalement à porter rapidement l'aile en avant dans son élévation. (Voy. le chap. II.)

externes abaissées avec les ailes. Le contraire a lieu quand les sternali-dorsaux se contractent à leur tour.

Cette anatomie du tronc alifère des criquets, pour ce qui a rapport au vol, est loin d'être complète, vu qu'il ne m'a pas été possible de me procurer d'individu vivant de la grande espèce voyageuse; mais je la crois suffisante pour bien entendre la mécanique de leurs mouvemens progressifs dans l'air, étant éclairé d'ailleurs par l'anatomie du thorax du hanneton, du bourdon et de la libellule déjà publiée avec détail.

Le tronc alifère des truxales est organisé comme celui des criquets.

CHAPITRE VI.

Des Hémiptères (pl. 13, fig. 5, 6, 7 et 8).

J'ai examiné dans cet ordre des *cigales*, des *reduves*, des *pentatomes* tels que l'*edessa nigripes* et le *cimex rufipes*, etc. Dans tous ceux que j'ai vu, l'angle formé en arrière et en haut, à la réunion de la portion dorsale des tégumens du tronc alifère avec les parties latérales de la conque pectorale est plus ou moins aigu, tandis que (excepté quelques libellules) chez les insectes des autres ordres cet angle est obtus. Leurs tégumens sont très-élastiques. Leur costal se porte en avant par son extrémité inférieure, laquelle est en outre recourbée dans le même sens, de manière à s'articuler librement et à se mouvoir sur la facette concave de deux apophyses, ou branches furculaires tenant à la paroi sternale et appropriées à cette fonction. Ce costal s'articule intimement par ses branches aux

parties latérales de la poitrine, peut subir, sans inconvénient, un certain degré de flexion et reprendre ensuite par sa force de ressort, unie à sa force vitale, sa position naturelle. Il est échancré profondément dans son milieu, en sorte que le tube alimentaire et les vaisseaux aériens ayant la liberté de parcourir cette échancrure ne peuvent être blessés.

Les cigales ont les tégumens du tronc assez durs quoique élastiques; ils sont soutenus intérieurement par des nervures dont les principales servent en même temps d'appuis aux ailes.

Les tégumens des pentatomes sont d'une écaille proportionnellement plus mince et plus élastique. Leur prothorax est grand et très-large; dans les cigales, il recouvre seulement la partie antérieure du dorsum et deux grands stigmates situés au devant de ce dorsum; mais chez les pentatomes il cache non-seulement les stigmates antérieurs, mais encore tout le dorsum.

Chez ces derniers, et surtout chez l'*edessa nigripes*, le ventre s'appuie, sans gêner les hanches, contre le sternum du dernier segment alaire au moyen d'une pointe aiguë que sa face inférieure porte en avant et qui entre dans un enfoncement correspondant de la partie sternale du métathorax où elle s'appuie, permettant par là aux hanches postérieures qui touchent aux membranes inférieures articulaires de l'abdomen de se mouvoir librement dans la marche. L'écaille supérieure de l'abdomen de l'*edessa nigripes* m'a paru d'une consistance presque comparable à celle des autres tégumens; les anneaux de cette partie ne sont point mobiles, à l'exception des deux premiers arceaux supérieurs; le second arceau est

uni au troisième par une large membrane donnant à l'abdomen la faculté de se dilater et de se rétrécir, et lui permettant un assez grand mouvement de bas en haut.

Il n'en est pas de même dans les cigales où tous les anneaux de l'abdomen sont mobiles et unis par des membranes lâches. L'arceau supérieur du premier de ces anneaux couvrant en dessus l'appareil du chant, est très-grand et fortifié intérieurement par des nervures; il est fixé par une membrane ligamenteuse au sommet très-mince d'une espèce d'arc transversal terminant en arrière le métathorax, et qui est fixé étroitement à la saillie postérieure et supérieure du costal. C'est au-dessous du sommet de cet arc que s'attachent aussi au costal les muscles releveurs de l'abdomen.

L'organisation du tronc alifère a quelques rapports avec celle de la même partie dans beaucoup d'insectes. Ce tronc diffère de celui des coléoptères sur plusieurs points importans; 1°. chez ceux-ci le plus grand segment alaire est le postérieur, et il est le premier chez ceux-là; 2°. le dorsum des hémiptères que j'ai vu ne porte point de cou ou de rétrécissement antérieur; les muscles dorsaux s'attachent à sa voûte en avant et en haut, ce qui n'a pas lieu chez les coléoptères où ils s'insèrent seulement à une demi-cloison antérieure transversale, fermant le cou du dorsum, et enfin les élytres des coléoptères ne prennent que très-peu de part au vol, tandis que celles des cigales, des pentatomes, des réduves, etc., sont essentielles à ce mouvement progressif.

Les deux portions pectorales des deux segmens alaires de la cigale, du pentatome, etc., tiennent intimement l'une à l'autre. Le bord postérieur de la portion antérieure fait en

haut de chaque côté une saillie en arrière recouvrant un stigmate.

Le mésothorax étant presque rempli par les principaux muscles du vol communs aux deux paires d'ailes, pénètre dans le métathorax de manière à le diviser en deux parties qui se trouvent placées sur les faces externes latérales et postérieures du costal, ayant chacune la forme d'un prisme triangulaire irrégulier, recouvert en dessus par une écaille mince, aussi triangulaire, faisant avec sa semblable l'office de dorsum des ailes inférieures; car c'est à ces écailles que s'insèrent en haut les muscles releveurs de ces ailes. Ces portions de segment renferment en outre d'autres muscles propres à étendre et à fermer les ailes et plusieurs muscles des pattes postérieures.

Dans les cigales, *la conque pectorale* est fortifiée par des nervures marginales auxquelles s'attachent les membranes ligamenteuses des articulations; ses parois sont en outre affermies intérieurement, en bas par une plaque sternale faisant l'office d'ento-sternum et latéralement par des nervures très-fortes; la nervure antérieure sert d'appui aux élytres, celle qui vient après se lie intimement en avant et en descendant avec ces appuis des élytres, et en arrière avec les branches du costal; la troisième descend verticalement, passe derrière l'ouverture des hanches mitoyennes qu'elle fortifie et sous la plaque sternale où elle joint sa semblable du côté opposé; une quatrième enfin descend vers l'ouverture servant à l'articulation des hanches postérieures dont elle soutient les bords et où elle présente une apophyse articulaire s'avançant transversalement sur cette ouverture pour fournir des points

d'attache soit aux ligamens, soit aux muscles. L'appui de l'élytre porte en bas une semblable apophyse pour l'articulation de la hanche mitoyenne. L'aile inférieure s'articule en haut, entre la quatrième nervure et celle du bord postérieur de la conque dont il sera fait mention plus bas en parlant de l'arc transversal postérieur.

Chez les pentatomes, la conque pectorale, outre ses nervures marginales, est surtout fortifiée par une double nervure inclinée en avant, située à la réunion intime des deux segmens alaires, joignant en bas la portion transversale de l'ento-sternum et envoyant des rameaux pour renforcer les alentours de l'articulation des ailes et les ouvertures articulaires des hanches. Le costal s'unit fortement par ses branches avec le haut de la nervure antérieure, et l'aile inférieure s'articule entre la seconde nervure et celle qui renforce le bord postérieur de la conque.

Dans les cigales, le bord postérieur de la conque pectorale est fortifié en dedans et en bas par une forte plaque transversale placée sur la suture qui unit la portion sternale de la conque aux opercules ou écailles couvrant en dessous l'organe de la stridulation. Des extrémités de cette plaque et de la suture s'élève un arc écailleux, vertical et transversal, très-fort à sa base, mais s'amincissant beaucoup dans son milieu ou sommet, par où il s'attache, au moyen de ligamens serrés, à la partie postérieure, supérieure et saillante du costal. La flexibilité de son milieu est nécessaire pour ne point gêner l'office du costal et pouvoir faire ressort lui-même. C'est à cet arc que s'attachent, par des membranes ligamenteuses lâches, l'abdomen participant par là aux mouvemens imprimés

au costal, et une grosse nervure rétractive transversale, communiquant avec les bords postérieurs des ailes inférieures et contribuant à les fermer ou à les retirer en arrière. Les vides que cet arc laisse en dessus et de chaque côté entre lui et les bras basculaires sont occupés par les portions de dorsum des ailes inférieures, ou écailles triangulaires et convexes en dessus dont nous avons déjà parlé; ces écailles sont soutenues en arrière par l'arc transversal et du côté interne par les bras basculaires; en dehors elles s'articulent avec les osselets radicaux des ailes inférieures, et enfin elles donnent insertion par leurs faces concaves aux releveurs de ces ailes. Ces écailles ont beaucoup de rapports avec les palettes de la demi-ceinture des hyménoptères.

Dans les pentatomes, les bords postérieurs de la conque sont aussi soutenus par une arête solide, des extrémités supérieures de laquelle part une barre transversale, presque horizontale, très-forte d'abord, et diminuant d'épaisseur vers son milieu au point d'être flexible et élastique dans la partie qui s'attache au costal. Du reste, remplissant les mêmes fonctions que l'arc transversal des cigales. Les pentatomes ne m'ont offert pour ento-sternum que la portion des nervures intérieures coupant transversalement la paroi sternale de la poitrine et sur laquelle s'élève, de chaque côté de la ligne médiane, une apophyse bifurquée présentant en haut une facette concave longitudinale où s'attache un petit muscle ou ligament élastique, s'insérant ensuite à l'extrémité inférieure du lobe correspondant du costal. Ce muscle est destiné à maintenir fixe le plus possible la partie inférieure du costal dans la contraction des muscles dorsaux, et à retirer ce même

costal en arrière et en bas quand il a été poussé trop avant, ou trop rapproché de la voûte du dorsum. En avant de la nervure transversale est une petite crête sternale des deux côtés de laquelle s'attachent en bas les muscles sternali-dorsaux.

Chez les cigales l'ento-sternum est composé d'une plaque étroite et longitudinale, divisée dans sa ligne médiane en deux parties égales et semblables par une fossette; elle forme la paroi inférieure du canal par où passe le tube intestinal. L'extrémité antérieure de cette plaque s'élève en forme de deux apophyses latérales auxquelles s'attachent, en dessus, les muscles ou ligamens élastiques qui s'insèrent aux extrémités inférieures des lobes du costal, et en dessous, quelques muscles des pattes mitoyennes.

Le dorsum du mésothorax servant à l'attache antéro-supérieure des principaux muscles du vol est très-bombé, surtout dans les cigales; il est fortifié en dedans par plusieurs petites nervures longitudinales; son bord antérieur (*rebord cervical*) se recourbe en bas pour l'insertion des muscles dorsaux; ses parties latérales portent les apophyses humérales s'articulant avec les osselets radicaux des bases des élytres. Antérieurement sont deux espèces d'apophyses (*ou de jambes*) écailleuses et élastiques très-fortes dans les cigales, lesquelles descendent sur le devant de la conque pectorale qu'elles joignent en se recourbant un peu en arrière et où elles sont fortement attachées par des ligamens serrés; elles tiennent, de plus, aux côtés antérieurs du dorsum par de fortes membranes, occupant le vide qui est entre la partie scapulaire du dorsum et ces apophyses, au moyen de quoi ces dernières

peuvent, en se redressant, élever la partie antérieure du dorsum, et en même temps, faire fléchir d'avant en arrière les parois convexes de la conque pectorale. Leur office me paroît aussi avoir quelques rapports avec celui de la fourchette des oiseaux. C'est à elle que s'attachent les deux grands stigmates que le prothorax recouvre et qui peut-être sont des organes de bourdonnement.

En arrière le dorsum des cigales est uni intimement à son appendice basculaire dont le post-dorsum se recourbe en dessous pour se lier au costal par une membrane ligamenteuse lâche.

Le dorsum des pentatomes, des réduves, etc., entre entièrement dans le prothorax et se distingue surtout par son appendice basculaire dont le post-dorsum couvre non-seulement le métathorax, mais encore l'abdomen en partie chez les uns et en entier chez d'autres.

Ce post-dorsum est doublé en dessous d'une écaille mince et souple formant une poche où peuvent s'introduire de l'air intérieur et du liquide (1), et au bord antérieur de laquelle s'attachent la membrane ligamenteuse qui l'unit au costal.

Latéralement, l'appendice basculaire s'articule par ses bras avec les derniers osselets radicaux des bases des ailes.

Le costal des cigales descend jusque près de la paroi sternale de la poitrine, où il s'unit aux apophyses de l'ento-sternum par l'intermédiaire de deux muscles, ou ligamens élastiques

---

(1) J'ai eu occasion de reconnoître que chez les coléoptères l'air intérieur ou un liquide pénétroient aussi dans la duplicature de la pièce qu'on nomme l'*écusson*, et qui n'est autre chose, comme nous l'avons déjà dit, que le post-dorsum ou la portion dorsale de l'appendice basculaire mésothorachique.

épais et très-courts dont nous avons déjà parlé; il est divisé en deux lobes par une échancrure étroite et profonde et inclinée de manière que son bord supérieur est fort en arrière et que les extrémités inférieures de ses lobes qui se recourbent en avant viennent jusqu'au milieu de la paroi inférieure de la poitrine. Ses branches très-fortes s'unissent intimement en avant avec des nervures de la conque pectorale; la partie postérieure de son bord supérieur est libre, tenant seulement à l'appendice basculaire par une membrane ligamenteuse forte et lâche; le milieu de son bord inférieur est libre aussi. Sa face antérieure et concave, regardant en haut et en avant, sert d'attache aux muscles dorsaux, sa face postérieure est convexe; plusieurs muscles des jambes postérieures s'y insèrent, ce que je n'ai vu dans nul autre insecte. Il est vrai aussi que je n'ai vu que dans les hémiptères le costal articulé en bas avec des apophyses entosternales. Cette face postérieure du costal porte deux saillies en arrière, une de chaque côté de l'échancrure médiaire; les faces concaves ou antérieures de ces saillies servent pour l'attache inférieure des muscles costali-dorsaux.

Dans la contraction des muscles dorsaux, cette pièce doit être redressée en tournant dans son articulation avec les apophyses entosternales.

Le costal des pentatomes est à peu près conformé comme celui que nous venons de décrire.

Les élytres des cigales, des pentatomes, des réduves, etc., étant mues par les mêmes muscles que les ailes, étant plus grandes que ces dernières, s'accrochant à elles dans le vol, ayant la plus grande part à ce mouvement progressif, et

étant dans les cigales de même nature que les ailes, doivent être considérées ou comme la portion antérieure de ces ailes, ou comme des ailes supérieures semblables à celles des hyménoptères; car, ainsi que celles-ci, elles appartiennent au premier et principal segment alaire renfermant les muscles du vol communs aux deux paires d'ailes et elles sont articulées immédiatement avec son dorsum.

Les ailes inférieures sont ordinairement foibles, du moins à leur bord antérieur qui est en partie relevé en haut, et ne paroissent être que le complément des ailes antérieures dont elles élargissent la base.

Les crochets ou agrafes, au moyen desquels les ailes supérieures et inférieures des cigales, des pentatomes, etc., s'unissent dans le vol sont très-forts; chaque aile n'a qu'une seule agrafe très-large; celle de l'aile supérieure est à son bord postérieur et elle est recourbée en bas et en dessous; et celle de l'aile inférieure se trouve à son bord antérieur regardant en haut et en arrière. Chez les cigales et chez plusieurs autres insectes du même ordre, les ailes sont glabres et de nature écailleuse; dans les cigales, leurs plis restent au même état, que les ailes soient étendues ou fermées.

Les bases des ailes des cigales ont quelques rapports avec celles des ailes des lépidoptères et des diptères; elles se composent d'une pièce susceptible d'être séparée (*l'humérus*), s'articulant du côté externe avec les nervures des ailes qui y jouissent des mouvemens d'abduction et d'adduction, et du côté interne avec les deux principaux osselets radicaux.

L'osselet antérieur, ou *huméral*, s'articule par l'extrémité inférieure de sa partie interne avec le côté correspondant du

dorsum; il est fort large, de même que le postérieur ou *ongulaire;* celui-ci qui s'articule avec les bras de l'appendice basculaire est aussi uni au dorsum par une membrane fort lâche pouvant se rider et s'étendre tour à tour, et sous laquelle je soupçonne l'existence d'un ligament élastique propre à retirer l'aile en arrière et à la fermer. Ces osselets sont unis entre eux par deux membranes, dont l'une est en dessus et l'autre en dessous. C'est par l'intermède des osselets radicaux que les élytres et les ailes s'articulent avec leurs appuis et leurs dorsum respectifs. La base de l'aile antérieure s'unit par une membrane épaisse bordée en arrière d'une nervure rétractive, à celle de l'aile inférieure. La base de celle-ci s'étend aussi fort en arrière au moyen d'une semblable membrane, s'attachant à l'appendice basculaire et soutenue par la nervure rétractive de cette aile.

La disposition des muscles du vol dans cet ordre est à peu près la même que dans les papillons et les diptères; car, les mêmes muscles qui servent spécialement à dilater et à comprimer le tronc alifère tour à tour, meuvent en même temps les deux paires d'ailes: cependant les ailes postérieures ont des releveurs particuliers. Dans les cigales et dans quelques pentatomes, les muscles dorsaux, ou dilatateurs du tronc, sont très-forts; ils s'insèrent au rebord cervical et à la partie supérieure de la portion médiane et longitudinale du dorsum; en arrière ils s'attachent au tiers mitoyen du costal.

Les autres portions des dorsaux, ou dilatateurs (*les costali-dorsaux*), sont en arrière, ayant leur insertion supérieure aux parties latérales du dorsum, derrière celle des sternali-dorsaux, et l'inférieure aux deux tiers latéraux du costal.

Chez les cigales, les constricteurs du tronc, ou les releveurs des ailes (*sternali-dorsaux*), sont composés de plusieurs faisceaux inclinés en avant; les faisceaux antérieurs, les plus forts de tous, sont en outre légèrement inclinés en dehors. Ils s'insèrent en haut aux parties latérales antérieures du dorsum correspondantes aux apophyses humérales et de chaque côté des dilatateurs, et s'attachent en bas aux parties latérales de la paroi inférieure de la poitrine de chaque côté de la plaque ento-sternale. Dans les pentatomes les mêmes muscles se touchent en bas, ou à peu près.

Au nombre des releveurs il faut compter deux muscles des pattes mitoyennes larges et minces du côté du dorsum où ils s'insèrent, et se terminant en bas par un long tendon. Ils doivent contribuer à l'abaissement du dorsum et à relever les ailes en prenant leurs points fixes aux hanches.

En haut et du côté interne de l'appui de l'élytre est une apophyse horizontale en forme de palette sous laquelle s'attache un petit muscle cylindrique (ou ligament élastique), très-court, que je n'ai vu avec cette forme que dans cet ordre; il est remarquable surtout chez les pentatomes, les réduves, et porte en bas une cupule écailleuse ronde du sommet inférieur de laquelle descend un tendon écailleux long et délié, s'insérant à l'extrémité de l'apophyse ento-sternale correspondante, au-devant du lobe du costal. Il doit retirer en dedans le haut de l'appui.

Les muscles du vol ont pour auxiliaires de petits muscles *pectorali-axillaires* situés tout-à-fait sur les côtés du tronc, s'insérant en haut soit à des écailles mobiles sous-axillaires, soit aux appuis des ailes, et en bas à la poitrine ou aux

hanches. Ils contribuent à étendre et à replier les ailes et à les rapprocher du tronc dans leur élévation comme dans leur abaissement.

Du vol. — Dans les pentatomes, lorsque les muscles dorsaux se contractent, le post-dorsum ou la portion dorsale de l'appendice basculaire, laquelle est unie intimement au dorsum et couvre presque tout le dessus de l'abdomen, est évidemment bandée comme un arc l'est par sa corde (la corde est ici représentée par la duplicature écailleuse du post-dorsum et par la membrane ligamenteuse qui l'unit au costal). Dans ce cas, le milieu du costal qui est libre étant tiré en avant entraîne avec lui l'extrémité postérieure du post-dorsum par l'intermédiaire de sa membrane articulaire; le post-dorsum de son côté pousse le dorsum en avant, pendant que celui-ci tend au contraire à repousser ce post-dorsum en arrière : mais comme ces deux pièces ne peuvent aller à la fois par deux chemins opposés, leurs parties extrêmes se rapprochent et celles qui sont en contact s'élèvent. Ce mouvement ascensionnel est secondé d'abord par le costal qui se redresse et s'aplatit en se mouvant dans son articulation avec les apophyses de l'ento-sternum et dont la convexité ne peut diminuer qu'en écartant ses parties latérales, en redressant et en haussant à la fois la partie postérieure de son bord supérieur, ce qui élargit le tronc et élève le dorsum de ce côté. Le rebord cervical du dorsum étant tiré en arrière par les muscles dorsaux en même temps que ces muscles agissent sur le costal, la convexité de ce rebord en est diminuée; alors ses apophyses descendantes se redressant font hausser le devant du dorsum; elles tendent aussi à faire fléchir d'avant en ar-

rière le devant de la conque pectorale, et par là à écarter les flancs de cette conque : le tout favorisé par la contraction simultanée des muscles costali-dorsaux et par la dilatation de l'air intérieur qui a lieu au même instant que celle du thorax.

En même temps les extrémités des bras de l'appendice basculaire se haussant avec le dorsum, élèvent et poussent en avant les parties internes des osselets radicaux des bases des ailes avec lesquels ils s'articulent, d'où s'ensuit l'abaissement de ces ailes et leur mouvement simultané d'avant en arrière.

Le mouvement de l'abdomen en haut dans cette circonstance me semble confirmé en partie par l'impression profonde que, chez quelques pentatomes (l'*edessa nigripes*, par exemple), la pointe du post-dorsum laisse, par son contact, sur la face supérieure de l'abdomen. Cette impression est aussi la suite du refoulement de l'air, ou d'un liquide, dans le sac du post-dorsum.

Les apophyses descendantes du rebord antérieur du dorsum, ainsi que le costal, les tégumens et les ligamens qui attachent toutes les pièces entre elles, sont alors tendus, et doivent, en partie d'eux-mêmes, et par leur force de ressort, reprendre leur position d'équilibre que même ils dépassent, aidés par la contraction des muscles sternali-dorsaux, lesquels, comme on sait, élèvent les ailes en abaissant le dorsum et en resserrant le tronc.

CHAPITRE VII.

Des Lépidoptères (pl. 13, fig. 9, 10 et 11).

Parmi les insectes que j'ai examinés, les lépidoptères sont les seuls où les bases des ailes supérieures et la partie scapulaire du tronc alifère soient protégées par deux écailles considérables en forme d'épaulettes. Chaque écaille porte dans sa moitié postérieure, et du côté externe, une vaste échancrure pour recevoir la base de l'aile correspondante, qu'elle couvre en dessus de manière à ne point gêner les mouvemens de l'aile; elle couvre aussi les membranes axillaires situées audevant de la base de l'aile. Les bords supérieurs et antérieurs de cette écaille sont libres ainsi que la saillie qu'elle fait en arrière sur la racine de l'aile.

L'écaille est doublée en dessous par une membrane transparente et semi-écailleuse, de manière à former une poche dans laquelle l'air intérieur ou quelque liquide doivent avoir accès : cette membrane porte en dessous de la partie antérieure de l'écaille et près du bord inférieur de cette partie, une longue fente par laquelle elle se lie aux membranes axillaires et par où la poche dont nous venons de parler communique avec l'intérieur du thorax. L'épaulette couvre encore, en partie, la face externe d'une espèce de clavicule très-forte (*bras claviculaires*) intimement unie à la conque pectorale et à la nervure fulcrale, et qui s'articule en avant avec les parties latérales du devant du dorsum. Ainsi, l'épaulette ne tenant point immédiatement à des parties dures n'est point articulée, mais fixée seulement à des membranes; de

plus elle ne tient point, à proprement parler, à la base de l'aile; en cela elle diffère de la valve radicale placée sur la racine de l'aile dans les hyménoptères, mais elle a avec celle-ci les rapports suivans, savoir, de couvrir les parties articulaires de la base de l'aile qui sans elle seroient nues, et de posséder une poche interne.

Les tégumens du tronc alifère de plusieurs sphinx présentent assez de consistance; ceux de l'abdomen du sphinx épervier (*sphinx stellatarum*) sont d'une écaille plus forte à proportion et plus élastique que chez les autres espèces. Dans les papillons, les tégumens sont proportionnellement plus foibles.

Le sphinx épervier dont le vol est prodigieusement rapide, dépouillé de son poil et ayant dans le repos ses ailes inférieures cachées sous les supérieures, l'abdomen aplati, plus large que le tronc alifère, offre l'aspect d'une grosse mouche; les longs poils barbus de l'extrémité et des côtés de l'abdomen, joints au grand nombre de vésicules aériennes qui remplissent cette partie, doivent contribuer à soutenir le tronc de l'insecte dans l'élévation des ailes.

Le *prothorax* ne prend qu'une part indirecte au vol; dans les papillons et les sphinx, il porte en dessus deux grosses vessies semi-écailleuses couvertes de poils qui m'ont paru pleines de liquide et d'air, et susceptibles de s'affaisser et de s'enfler alternativement. La membrane ligamenteuse et très-lâche qui unit le prothorax au tronc alifère porte, au-dessus des hanches de la première paire de jambes, en avant des bases des ailes supérieures et de chaque côté, un long stigmate vertical bordé de cils frisés; peut-être est-ce l'organe du bourdonnement

auquel les deux vessies mentionnées ci-dessus serviroient d'accessoires; mais je crois que ces vessies se vident et se remplissent alternativement de liquide plutôt que d'air.

Je pense que le siége d'un autre bruit que le sphinx atropos fait entendre est dans deux ouvertures rondes et nues situées une de chaque côté du tronc, au-devant des bases des ailes postérieures et dans le haut des membranes qui unissent les deux segmens alaires; ouvertures que je n'ai point découvertes chez les autres espèces du même ordre, et que j'ai vu là distinctement s'ouvrir et se fermer, au moyen d'une membrane semblable à une paupière, pendant que l'insecte que j'avois entre les mains faisoit entendre son cri. Ma présomption est d'autant plus probable que dans le lieu de l'existence de ces ouvertures, les membranes vibrantes peuvent être très-bien appuyées par les rebords écailleux des segmens : de plus, il y a en dessous deux forts muscles longitudinaux et presque horizontaux (*muscles sternaux*), allant en descendant légèrement des branches de l'entosternum antérieur aux branches correspondantes de l'entosternum postérieur, destinés d'abord à rapprocher les segmens par en bas (car ils se trouvent aussi dans les papillons), et peut-être à faire affluer l'air intérieur vers les bouches de ces appareils aériens.

L'abdomen fixé par une membrane ligamenteuse en haut à l'arc écailleux formant la partie supérieure et postérieure du métathorax, a ses muscles releveurs courts et épais, surtout dans les papillons; s'attachant en haut et en avant à l'arc écailleux dont nous venons de parler et en arrière à une demi-cloison transversale bilobée, tenant au bord postérieur

de l'arceau supérieur du premier anneau de l'abdomen. Ces muscles doivent relever l'abdomen avec force et lui donner dans le vol, et lors de l'abaissement des ailes et de l'élévation du tronc, une force centrifuge ascendante, très-utile pour diminuer le poids du corps dans cette circonstance. Les muscles abaisseurs de cette partie sont beaucoup plus foibles (1).

Les deux segmens alaires sont très-distincts et ne sont unis entre eux que par des membranes; ce qui se voit aussi dans les fourmilions, les ascalaphes, les friganes, chez quelques orthoptères, et chez les hyménoptères dont l'abdomen est sessile.

Le segment antérieur est terminé en arrière, dans sa partie supérieure comme dans l'inférieure, par un rebord écailleux et élastique rentrant : le segment postérieur en porte un semblable en avant : ces rebords formant dans l'intérieur des arêtes considérables et servant de renforts aux segmens, fournissent aussi des attaches aux muscles. C'est par eux et par l'intermédiaire d'une membrane ligamenteuse, lâche surtout dans la partie inférieure, que sont unis les deux segmens, ce qui permet à ces segmens de se rapprocher au moyen de plusieurs muscles et de s'éloigner en partie spontanément en vertu du ressort de leurs rebords écailleux.

Le *mésothorax*, contenant les muscles du vol communs aux deux paires d'ailes (ou plutôt les muscles dilatateurs et constricteurs du tronc communs aux deux segmens), est très-

(1) Schwammerdam a observé la vésicule aérienne située à l'origine de l'abdomen, tenant au canal alimentaire et faisant partie de l'estomac dont nous avons déjà parlé.

grand; il entre dans le métathorax, occupe une grande partie de sa capacité et le partage en deux portions égales et assez petites, renfermant les muscles releveurs et autres des ailes inférieures et les muscles de la dernière paire de jambes.

La *conque pectorale* est fortifiée en dedans par les arètes ou rebords qui servent de moyen d'union aux deux segmens alaires et par de grosses nervures marquées en dehors par des traits creux, dont les principales servent d'appuis aux ailes.

L'*ento-sternum* du mésothorax consiste en une crête verticale et longitudinale à laquelle s'insèrent des deux côtés une partie des extrémités inférieures des muscles sternali-dorsaux. Cette crête est surmontée d'une plaque furculaire triangulaire, semi-écailleuse et très-mince, formant la paroi inférieure du canal traversant longitudinalement le tronc. La tige qui soutient cet appareil en arrière est bifurquée; ses branches fort longues s'étendent jusqu'à la partie supérieure des rebords postérieurs de la portion pectorale de ce segment, s'y unissent intimement et les maintiennent dans la position convenable; elles s'unissent aussi de la même manière à l'appendice basculaire. L'*ento-sternum* du dernier segment consiste aussi en une tige bifurquée dont les branches se lient au rebord postérieur de la portion pectorale de ce segment, et à la demi-cloison transversale qui s'élève en forme d'arc derrière ce segment et le termine en haut.

Les tiges et les branches de ces deux ento-sternum fournissent des attaches à un grand nombre de muscles des pattes et de quelques autres parties. Nous avons déjà fait connoître les muscles sternaux qui s'y attachent. Les muscles abaisseurs

de l'abdomen s'insèrent aux branches furculaires du méta-thorax.

Les appuis des ailes sont fortifiés en dedans par plusieurs grosses nervures : du milieu de la face antérieure des appuis de la première paire d'ailes, partent les deux *bras claviculaires*, très-forts, qui vont en avant et en montant, s'articuler par de larges facettes avec les côtés de la partie antérieure du dorsum, et avec les branches de la pièce que j'appelle *fourchette*, dont il sera parlé plus bas (1). Lorsque le dorsum est retiré en arrière, ces bras doivent l'être aussi ; leurs extrémités articulaires s'élèvent et leurs extrémités fixes doivent tendre à repousser en arrière les appuis des ailes, à les écarter l'un de l'autre, et, par ce moyen, à élargir la conque pectorale. C'est sur leurs faces externes que se trouve la partie antérieure des épaulettes couvrant et protégeant la base des ailes et l'articulation des bras claviculaires avec le dorsum. De petits muscles qui s'attachent aux tiges fulcrales paroissent contribuer au rétrécissement du tronc dans l'élévation des ailes ; secondés en cela par d'autres muscles plus puissans dont nous ferons mention.

Dans le sphinx et les papillons, le *dorsum* du mésothorax est fort grand et fortifié intérieurement par des nervures marginales considérables. La moitié antérieure de ses bords latéraux fait de chaque côté une saillie en dehors, renforcée en-dessous par deux arêtes longitudinales, disposées de manière

---

(1) Les criquets et les hyménoptères que j'ai vus présentent aussi des pièces s'articulant avec les côtés de la partie antérieure du dorsum et dont l'usage est le même que celui des bras claviculaires.

à former une fossette où s'insèrent en haut des muscles constricteurs releveurs des ailes; en arrière cette saillie se termine par une apophyse dirigée parallèlement aux bords latéraux, s'articulant par un ligament très-lâche avec le devant de la base de l'aile; une autre apophyse postérieure, allant au-devant de la première, s'articule par des ligamens serrés avec le principal osselet radical, lequel, par son extrémité supérieure, paroît tenir intimement à l'humérus.

La partie libre de ces apophyses est liée par des ligamens au bord latéral du dorsum. Je pense que leur office est de faire ressort et de rendre les mouvemens plus doux. Nous avons vu quelque chose de semblable chez les coléoptères. Le rebord antérieur, ou cervical, du dorsum auquel s'insèrent en avant les muscles dilatateurs (*muscles dorsaux*), descend verticalement assez bas; et, ce que je n'ai vu que dans cet ordre d'insectes, il est formé d'une pièce séparée (*la fourchette*) articulée seulement par son sommet avec la partie supérieure du bord antérieur de la voûte du dorsum; ses bords latéraux sont libres, ne tenant au dorsum que par des membranes un peu lâches. Des extrémités de son bord inférieur bilobé partent, en s'écartant l'une de l'autre, deux apophyses ou branches descendantes s'articulant avec les parties inférieures de la tête des bras claviculaires; n'étant ainsi appuyée que par ses extrémités, cette pièce peut jouir d'un ressort et d'un mouvement considérables. Par ses branches, ses articulations, son ressort et ses fonctions, elle a quelques rapports avec la fourchette des oiseaux. La membrane qui unit le tronc alifère au prothorax, et les muscles qui

relèvent cette dernière partie, s'attachent au-devant de la portion inférieure de la fourchette.

Lorsque la partie antérieure du dorsum et la fourchette sont tirées en arrière, les bras claviculaires étant aussi entraînés dans le même sens et un peu écartés l'un de l'autre, ainsi que les branches de la fourchette, forcent cette partie du dorsum de se hausser, de rebrousser, et ses côtés de s'écarter avec la conque pectorale, d'où s'ensuit la dilatation du tronc; par ce moyen, les parties internes des osselets radicaux sont aussi élevées, et leurs parties externes (ou qui sont en dehors des appuis), sont abaissées avec les ailes.

Toutes ces pièces doivent ensuite reprendre leur première position en vertu de leur élasticité, secondées d'ailleurs par les muscles constricteurs ou releveurs des ailes.

La moitié postérieure du dorsum est unie intimement à l'appendice basculaire, ou post-dorsum; la partie supérieure de la suture de jonction, formant un angle saillant en avant, est marquée en dessus par un sillon et en dessous par une grosse nervure. Le bord postérieur du post-dorsum se recourbe en bas et en dessous en forme d'ourlet où s'attache la membrane qui l'unit au costal. Les parties latérales de l'appendice, *ou les bras basculaires*, s'avancent jusqu'aux aisselles où elles s'articulent avec les osselets radicaux postérieurs des bases des ailes supérieures; elles se joignent aussi intimement avec le rebord postérieur de la portion pectorale du segment alaire antérieur, par l'intermédiaire de l'extrémité des branches furculaires, et le dessous de leur bord externe s'articule avec les branches du costal. Ces mêmes parties latérales portent en dessous, du côté externe, un rebord des-

cendant assez bas ; à l'extrémité inférieure de ce rebord est une apophyse aussi descendante se recourbant un peu en dedans, sur la face interne et concave de laquelle s'attache un muscle de moyenne force qui s'insère aux parties latérales et postérieures du dorsum, paroissant propre à relever les bras basculaires dans quelques circonstances ; et enfin, le dessus du bord externe de ces parties latérales donne naissance à deux nervures rétractives assez fortes allant joindre les bords postérieurs des deux ailes supérieures.

Le *costal* descend fort bas en allant d'avant en arrière et entre tout entier dans le métathorax. Vers le haut de sa face postérieure et convexe, près de son bord supérieur, est un petit cordon transversal auquel s'attache la membrane ligamenteuse forte et un peu lâche qui l'unit au rebord postérieur du post-dorsum. La partie postérieure de son bord supérieur est libre, se recourbe sous le post-dorsum et donne insertion à deux petits muscles, ou ligamens élastiques, allant s'attacher en haut et en avant à la nervure transversale et courbe, placée sous la suture qui unit en haut le post-dorsum au dorsum proprement dit.

Dans les sphinx atropos, les extrémités des branches du costal se divisent en deux rameaux, formant ensemble une espèce de gorge dans laquelle entre l'extrémité postérieure du rebord descendant des bras basculaires ; le rameau extérieur formé d'une écaille mince et élastique, s'unit à la face externe du rebord ; le rameau interne épais, et fort, passe en dedans du rebord, se termine en avant par une face oblongue et arrondie, et va en montant s'articuler avec une autre facette un peu concave située en dessous des bras basculaires,

pouvant ainsi pousser ces bras en haut et les écarter, lors de la contraction des muscles dorsaux. Chez les papillons, les branches du costal s'attachent aussi aux bras basculaires; mais le rameau interne qui se termine en pointe, s'étend jusque vis-à-vis la base des ailes, où il s'articule avec des osselets intérieurs appartenant à cette base, à peu près comme dans les hyménoptères.

De même que chez ces derniers insectes, les muscles dorsaux seuls s'attachent à la face antérieure et concave du costal. Deux autres muscles, ou ligamens élastiques, très-courts, que nous ferons bientôt connoître, s'insèrent sur sa face convexe.

Comme chez les hémiptères et les hyménoptères, le dorsum du métathorax consiste seulement en deux écailles dorsales et latérales, s'articulant avec les osselets radicaux des bases des ailes inférieures et donnant insertion aux muscles releveurs particuliers de ces ailes. Ces portions tiennent en avant à l'appendice basculaire, par l'intermède de la membrane qui unit les deux segmens alaires; et en arrière, elles sont jointes intimement à la demi-cloison en forme d'arc terminant en haut le segment postérieur. Du sommet de cet arc naissent les nervures rétractives allant joindre les bords postérieurs des deux ailes inférieures. C'est en haut, sur la face postérieure et convexe de l'arc, que l'abdomen est fixé ainsi que les muscles qui le relèvent. Sur la face antérieure de ce même arc s'attachent deux muscles, ou ligamens élastiques, courts et épais, qui vont en montant et en s'écartant l'un de l'autre s'insérer en avant sur la face convexe du costal. Leurs fonctions étant, je pense, de ramener le costal en arrière

après qu'il a été tiré en avant dans la contraction des muscles dorsaux.

Des ailes. — Dans tous les insectes de l'ordre des lépidoptères que j'ai vus, les ailes, au-dessous des petites folioles qui les couvrent, sont de la nature de l'écaille ; leur surface, surtout celle de l'aile supérieure, ne change guère, qu'elles soient en repos ou en mouvement. L'aile inférieure, même dans le vol, reste fort avant sous l'aile supérieure ; le bord postérieur de celle-ci s'abaisse et regarde en bas, et le bord externe des ailes postérieures se relève et regarde en haut : cette circonstance, jointe aux observations anatomiques qui montrent que les muscles abaisseurs sont les mêmes pour les deux paires d'ailes, porte à conclure que les ailes du même côté doivent en volant s'unir un peu, se mouvoir simultanément et de la même manière. L'aile inférieure du sphinx épervier s'accroche évidemment dans le vol, mais légèrement, non au bord postérieur de l'aile supérieure, mais aux nervures très-saillantes en dessous de cette aile, particulièrement à la quatrième. Chez ces derniers et chez les phalènes, l'aile inférieure porte à l'origine de son bord externe une sorte de pointe ou d'épine fort longue, quelquefois double, comme dans les phalènes, qui est reçue en tout temps par un crochet écailleux (chez les sphinx), ou formé d'une touffe de poils roides roulés en spirale, située sous l'aile supérieure, au-devant de la nervure cubitale, non loin de sa racine. Cette pointe, qui semble articulée, a la faculté de s'écarter dans le vol ; néanmoins, comme elle est longue, elle ne quitte point son crochet pour cela : elle me paroît destinée à soutenir, dans le vol, la saillie antérieure que fait en commençant le bord

externe de l'aile inférieure, et à tenir lieu, jusqu'à un certain point, des crochets qui, dans le vol, servent à unir les ailes des hyménoptères et des hémiptères.

Les sphinx atropos ont au même point de l'aile inférieure, au lieu d'une épine unique, un faisceau de crins plats, courts et roides, terminés en pointe, qui sans doute ont la faculté de se retenir à l'aile supérieure; mais je n'ai pu découvrir de crochet correspondant à cette dernière aile, quoique je l'aie cherché dans plusieurs sphinx de cette espèce.

Les ailes antérieures des sphinx que j'ai vus sont considérablement plus longues que les inférieures; chez les papillons, ces dernières, quoique moins fortes que les supérieures, sont souvent plus amples.

La tige de l'aile, *ou sa base*, est une pièce à part que l'on peut considérer comme un humérus: elle s'articule en dessous avec l'appui de l'aile ; du côté externe avec les principales nervures de cette aile qui y jouissent des mouvemens d'adduction et d'abduction ; et du côté interne avec le dorsum et la conque pectorale par l'intermédiaire de plusieurs ligamens et de plusieurs osselets radicaux ; ainsi, elle tient au tronc alifère en avant par des membranes ligamenteuses, lâches et très-fortes ; au milieu par un osselet considérable avec lequel elle paroît intimement unie, la partie descendante de ce dernier osselet porte en bas un crochet par lequel elle s'articule sous l'apophyse postérieure du côté correspondant du dorsum ; et enfin, en arrière, la base tient au tronc par d'autres membranes et par l'*ongulaire*. Celui-ci est un osselet en forme d'équerre ; à sa branche supérieure et externe qui est large et horizontale s'articulent les nervures de la portion

postérieure de l'aile ; son autre branche qui est interne descend verticalement et s'articule en bas avec un second osselet allongé tenant par son extrémité interne au bras basculaire correspondant. On sent que, lorsque celui-ci s'élève, il doit, par le moyen de l'osselet intermédiaire, élever l'extrémité inférieure de l'ongulaire qui tournant alors dans son articulation avec la conque pectorale, abaisse sa partie supérieure avec l'aile ; l'élévation de celle-ci s'opère par le mouvement opposé. C'est à la partie supérieure de la branche descendante de l'ongulaire, près de son coude, que s'insère le muscle oblique ou ligament élastique qui ferme l'aile, en tirant ce coude contre le tronc. La partie de ce muscle qui sort du thorax pour s'attacher à l'ongulaire est couverte par une membrane épaisse, ridée transversalement, et que je crois rétractive. Cette partie de l'organisation de la base de l'aile est analogue à celle de la cigale.

Des muscles. — Dans les papillons et dans les sphinx, les muscles du vol sont énormes et le mésothorax qui les contient en est rempli au point que l'ouverture pratiquée au travers du thorax pour le passage du tube alimentaire en est extrêmement rétrécie ; leurs fibres (dans les sphinx) sont remarquables par leur tenacité. Les dilatateurs, ou abaisseurs communs des deux paires d'ailes (*muscles dorsaux*), sont très-puissans, descendent jusque près du sternum, couvrent la plus grande partie de la face interne des muscles constricteurs ; sont formés au moins de cinq gros faisceaux contigus, horizontaux, placés les uns au-dessus des autres, s'attachent en arrière au costal et s'insèrent en haut et en avant aux deux

tiers antérieurs du milieu de la voûte du dorsum et à la face postérieure de la fourchette.

Les *sternali-dorsaux* constricteurs du tronc alifère et releveurs des ailes antérieures sont situés sur les côtés du tronc, et composés de quatre gros faisceaux de fibres très-distincts dont les plus forts sont en avant : leurs forces sont comparables à celles des dorsaux ; ils sont légèrement inclinés en avant, et les faisceaux antérieurs le sont, en outre, beaucoup en dehors ; de manière que se touchant en bas, ils s'écartent en haut pour faire place aux muscles dorsaux. Je pense que la disposition en forme de V des sternali-dorsaux est nécessaire pour que ces muscles remplissent mieux leurs fonctions de constricteurs. Ces faisceaux antérieurs s'attachent en bas à la poitrine de chaque côté de la crête sternale et s'insèrent en haut aux parties latérales antérieures du dorsum, de chaque côté des dorsaux et en face des bases des ailes. Le quatrième faisceau est aussi un muscle des jambes mitoyennes.

En arrière de cette première couche de releveurs se trouve le muscle, ou ligament élastique, de moyenne force, isolé, s'attachant en bas sur la face concave de l'apophyse, tenant au rebord latéral et descendant de l'appendice basculaire et s'insérant en haut au dorsum. Ce muscle et son semblable du côté opposé doivent relever les bras basculaires quand ils ont été trop abaissés.

En dehors des sternali-dorsaux proprement dits, on voit une seconde couche de muscles constricteurs plus foible que la première, également composée de plusieurs faisceaux dont les plus forts sont encore en avant, et dont l'insertion supé-

rieure est dans les sinus formés par les arêtes qui se trouvent sous les saillies latérales du dorsum.

Plusieurs muscles pectoraux auxiliaires des muscles du vol, ayant l'office d'étendre les ailes, de les porter vivement en avant ou en arrière et de les fermer, sont situés près des tégumens latéraux de la conque pectorale, en dehors de tous les releveurs et au-dessous de l'aisselle ; le premier est en avant de l'aile et sert à l'étendre ; il est fort et peut être comparé au pectorali-axillaire des coléoptères ; il s'attache en bas à la conque près de l'origine de la hanche mitoyenne, et s'insère en haut à une écaille élastique, située au-devant de l'appui de l'aile et en dehors du bras claviculaire ; une partie de cette écaille appartient aux tégumens de la conque et donne en haut attache aux membranes basilaires ; l'autre portion est interne ; sur celle-ci s'attache un petit muscle qui va s'insérer en avant à la branche correspondante de la fourchette. Le deuxième est le pectorali-sous-axillaire, placé immédiatement sous l'aile ; il est puissant, s'insère en haut à un tendon écailleux très-large, dont une partie se montre en dehors sous l'aisselle donnant attache aux membranes sous-axillaires ; mais la portion la plus considérable de ce tendon est en dedans. Ce muscle doit participer immédiatement à l'abaissement de l'aile.

Entre ces deux muscles pectoraux se trouve celui qui ferme l'aile dont nous avons déjà parlé, allant obliquement d'avant en arrière et de bas en haut s'insérer à la branche montante de l'ongulaire près de son articulation avec l'aile. Ce dernier muscle me semble propre aussi à rétrécir le thorax dans l'élévation des ailes.

Les ailes inférieures ont leurs muscles releveurs particuliers assez forts; beaucoup moins cependant que ceux des ailes supérieures, dont ils ne sont au fond que les auxiliaires; car le tronc en se resserrant et le dorsum en s'abaissant contribuent à l'élévation de ces ailes inférieures. Ces muscles sont attachés en bas à la portion pectorale du métathorax et en haut à ses portions de dorsum. D'autres muscles sont situés dans les parties latérales de ce segment, au-dessous de l'aisselle; les antérieurs étendent l'aile, et les postérieurs la replient.

Tels sont tous les principaux muscles du vol dans les papillons et dans les sphinx. A l'égard du mécanisme de ce mouvement progressif, il est le même, à peu de chose près, que dans les ordres où nous l'avons expliqué. D'ailleurs, la description anatomique que nous venons de faire de leur thorax indique suffisamment les différences.

CHAPITRE VIII.

Des Diptères (Pl. 13, fig. 12, 13, 14, 15, 16, 17).

Nous avons vu dans cet ordre *des asiles, des taons, des syrphes, des tipules, des mouches*, etc., tous du climat de Paris. Leur *tronc alifère* est à peu près rond et les muscles du vol en occupent presque toute la capacité. Leurs tégumens, d'ailleurs très-élastiques et soutenus intérieurement par des nervures et des arêtes transversales, ont généralement peu de fermeté, et leurs différentes parties semblent

unies intimement; circonstances qui rendent la dissection de ces diptères assez difficile.

Ce sont les seuls insectes qui aient sur les côtés du métathorax *des balanciers* consistant en deux petits filets terminés par un bouton ; comme chez la plupart des insectes, le segment alaire antérieur est, dans sa partie inférieure, intimement uni au métathorax et presque confondu avec lui. Toute la partie supérieure du tronc est couverte par le dorsum du mésothorax, par son appendice basculaire et quelquefois, comme chez les tipules, par la partie supérieure du costal. On peut dire que chez ces insectes, le segment alaire unique qui est le mésothorax, a usurpé toute la moitié supérieure du tronc et une grande partie de l'inférieure.

Le prothorax consiste d'abord en une portion supérieure plus ou moins saillante en avant selon les genres et intimement unie au dorsum; figurant, jusqu'à un certain point, dans les asiles et les tipules, le collier des hyménoptères, et en remplissant les fonctions; et ayant dans d'autres espèces la forme d'un simple ourlet : elle borde le haut et les côtés de l'ouverture antérieure du tronc, les renforce et donne attache à la membrane ligamenteuse qui lie la tête au tronc et aux muscles qui meuvent cette tête; ses extrémités inférieures paroissent s'unir aussi intimement à la conque pectorale, en sorte que lorsque le dorsum est repoussé en arrière, le prothorax et le devant de la conque pectorale sont entraînés dans le même mouvement. La portion sternale, ou *le plastron*, a quelques rapports avec la partie semblable des hyménoptères; elle est située non-seulement au dessous de la première, mais encore au-dessous de la partie antérieure du tronc alifère et au de-

vant de la conque pectorale, à laquelle elle est unie par un pédicule écailleux et par des membranes ligamenteuses; les hanches de la première paire de jambes s'y articulent et les muscles qui les meuvent y sont renfermés. Ses parties latérales sont maintenues en position dans l'intérieur, par des branches furculaires donnant insertion aux muscles des jambes. Enfin la partie antérieure et latérale du plastron est formée de deux écailles séparées qui remontent sur les côtés du cou et les protégent.

Dans les diptères, il n'y a, si l'on peut s'exprimer ainsi, qu'une ébauche légère de *segment métathorachique* formant néanmoins un anneau. En bas, sont les hanches des jambes postérieures et leurs muscles, la plupart attachés aussi à des branches furculaires intimement unies par leurs extrémités avec les bords latéraux postérieurs de la conque : sur les côtés s'élèvent deux petites gaînes verticales, collées sur les parties latérales du costal, tenant en haut l'une à l'autre par l'intermède d'un simple cordon écailleux transversal aussi fixé sur la partie postérieure du costal et terminant l'anneau. Ces gaînes situées en arrière de l'étranglement qui sépare les parties thorachiques et abdominales du corps de l'insecte et donnant attache à l'abdomen semblent faire partie de celui-ci, ou plutôt du segment médiaire. Elles *portent les balanciers* et renferment les petits muscles particuliers qui les meuvent en haut. Quoique très-exigus, ces muscles étant appuyés par les parois solides des gaînes et tirant quelques forces de cette circonstance, sont suffisans pour mouvoir d'aussi petites pièces que les balanciers, lesquels reçoivent d'ailleurs une certaine impulsion des muscles propres du vol par l'intermède du

costal. Leur mouvement et celui des ailes, quoique pouvant être indépendant jusqu'à un certain point; doivent être concomitans dans le vol; c'est-à-dire, que ces parties doivent s'élever et s'abaisser ensemble, vu l'influence qu'ont sur elles la dilatation et le resserrement alternatifs du tronc.

Par la dissection, on trouve en petit dans ces gaînes les mêmes élémens que dans les portions latérales du métathorax des cigales, des pentatomes, des bourdons et des papillons; c'est-à-dire, des espèces de portions latérales de dorsum et des muscles releveurs particuliers qui s'y insèrent, etc.; les rapports sont frappans, d'où il faut conclure avec plusieurs auteurs que *les balanciers* ne sont autre chose que des rudimens d'ailes composés d'une partie de la substance des nervures seulement, l'autre partie et les membranes paroissant avoir eu pour destination de former les cuillerons; rudimens utiles cependant même dans leur état d'imperfection, soit en favorisant la respiration dans le thorax et l'impulsion ascendante produite par la dilatation du tronc, soit en engendrant dans leur élévation une force centrifuge assez considérable.

La *conque pectorale* fortifiée par des nervures et maintenue en position par les branches furculaires est divisée en cinq loges ou fosses; les quatre antérieures, deux de chaque côté, sont séparées entre elles par l'ento-sternum et ses branches; elles reçoivent les extrémités inférieures des muscles sternali-dorsaux; la cinquième, située en arrière et la plus grande de toutes, est occupée par l'extrémité postérieure des muscles dorsaux. Cette conque a beaucoup de profondeur chez les asiles; toute sa partie inférieure est occupée par les muscles des jambes et par les osselets auxquels ils s'attachent.

Ces insectes ayant de fortes jambes ont en conséquence l'ento-sternum très-élevé en dessus de la paroi inférieure de la poitrine; par là les muscles des jambes qui s'y attachent ont une longueur suffisante. Cet ento-sternum est divisé en trois portions, une pour chaque segment; les branches des portions extrêmes adhèrent intimement aux tégumens latéraux des segmens correspondans et les maintiennent en position, en même temps qu'elles se trouvent par là suffisamment appuyées pour servir d'attaches aux muscles. Mais les branches de la portion intermédiaire sont libres et se terminent chacune par une large facette où s'attache un muscle ou ligament élastique allant s'insérer à l'arête fulcrale correspondante, pouvant par là seconder le rapprochement des parois latérales du tronc alifère. Une semblable disposition permet à la poitrine de se dilater et de se resserrer; ce qui n'auroit pu se faire si les branches furculaires en question avoient adhéré intimement aux parois latérales de la conque pectorale. L'ento-sternum est moins considérable et moins élevé dans les diptères dont les pattes sont peu robustes.

Les appuis des ailes fortifiés en dedans chacun par une arête large, surtout en bas (*arête fulcrale*), se terminent en haut par une petite tête oblongue qui s'articule avec le dessous de l'humérus. Chaque arête fulcrale donne attache en bas, par sa partie la plus large, à un muscle ou ligament élastique qui s'insère ensuite à la branche correspondante de l'ento-sternum.

La première paire des grands stigmates du tronc alifère se trouve sur les côtés de la portion antérieure de la conque pectorale, à côté et quelquefois au-dessous d'un mamelon;

la paire postérieure est un peu au-dessous et en dehors des balanciers; chaque stigmate est là presque caché sous un autre mamelon. Je présume que ces éminences arrondies, où s'insèrent en dedans de petits muscles; sont susceptibles de compression et de resonnance et peuvent avoir quelque office relatif à la respiration et au bourdonnement. Ces stigmates n'ont point de direction fixe; tantôt ils sont verticaux, tantôt inclinés en dehors ou en dedans suivant les genres; des trachées intérieures très-grosses y aboutissent : on découvre même aux stigmates postérieurs des écailles et des membranes qui peuvent être vibrantes; mais je ne puis décider s'il faut attribuer le bourdonnement aux deux paires de stigmates thorachiques ou à une seule paire.

Le dorsum qui est fort grand, couvre, conjointement avec son post-dorsum, toute la partie supérieure du tronc; en plusieurs endroits, il paroît tenir intimement à la conque pectorale; il porte de chaque côté, vis-à-vis de la base des ailes, des apophyses par le moyen desquelles il s'articule avec les osselets radicaux de cette base. En dedans il est fortifié par des arêtes régnant le long de ses bords latéraux, et par une nervure transversale unique en forme d'arceau, allant d'une apophyse humérale à l'autre et marquée en dessus par un léger enfoncement. Chez les taons où ces arêtes sont très-fortes, on voit en outre, deux autres nervures longitudinales partageant en tiers la voûte du dorsum. En dedans et aux deux extrémités de la nervure transversale, à leur jonction avec les nervures marginales, descend une apophyse à laquelle s'insère un petit muscle, allant en dehors, et suivant une direction transversale et presque horizontale, s'attacher aux

tégumens au dessous de la partie antérieure de l'aile. Le devant du dorsum, dans lequel est pratiqué le haut de l'ouverture antérieure du tronc et qui se joint intimement, ainsi que nous l'avons déjà dit, à l'ourlet tenant lieu de la portion supérieure du prothorax; ce devant dis-je, se recourbe en bas et même un peu en arrière. Le milieu de la partie recourbée porte en dedans deux petits lobes, descendant plus bas que le haut de l'ouverture du tronc et que l'on aperçoit entre le rebord cervical proprement dit et son ourlet; en arrière une partie des muscles dorsaux s'attache à ces lobes, et sur leurs faces antérieures s'insèrent quelques muscles de la tête.

L'*appendice basculaire* tient intimement au dorsum, à l'exception des extrémités de ses bras qui ne lui sont unies que par des membranes. Sa partie postérieure et saillante, ou le post-dorsum, recourbée en dessous, se joint, par son rebord et au moyen d'une forte membrane ligamenteuse un peu lâche, avec la partie postérieure et libre du bord supérieur du costal; c'est aux extrémités de ce rebord et à la jonction du costal avec la conque pectorale, que se trouve l'articulation en ginglyme des bras basculaires avec le bord supérieur de cette conque, articulation autour de laquelle a lieu leur mouvement de bascule. En dehors, les extrémités des bras s'articulent avec les principaux osselets radicaux des bases des ailes; et un petit muscle qui s'insère à l'extrémité interne de chaque bras tend à l'abaisser et à le faire rentrer en dedans. Chacun de ces bras ayant son bord inférieur libre en dedans, et formant un pli longitudinal saillant en dehors, un autre rentrant dans sa jonction avec le rebord latéral du dorsum, et ces plis étant susceptibles de s'ouvrir et de se fermer plus ou

moins, peut, par leur moyen, descendre et monter alternativement, mouvoir les osselets radicaux et les ailes avec eux.

Entre le bord inférieur de chaque bras et le bord supérieur correspondant de la conque pectorale est une longue apophyse ou arête élastique, liée à ces deux bords par des membranes lâches (*apophyse styloïde*) dont je n'ai vu l'analogue que dans quelques coléoptères; elle prend son origine au bas de la face extérieure et latérale du post-dorsum, et s'articule par son extrémité antérieure avec l'ongulaire, immédiatement ou par l'intermédiaire d'un osselet: libre dans la plus grande partie de son étendue, elle peut s'abaisser, se hausser, se porter en dehors ou en dedans, et communiquer tous ces mouvemens à l'ongulaire; en dedans un petit muscle s'insère à son extrémité, et en dehors s'attachent la nervure rétractive et le cuilleron inférieur. On seroit tenté de regarder tout cet appareil particulier aux diptères comme une transposition de l'aile inférieure.

Le *costal* ferme une grande partie de l'ouverture postérieure du mésothorax, sa forme est hémisphérique et sa convexité regarde en arrière; en général sa substance est souple et élastique; ses côtés se joignent intimement avec les parois latérales de la conque pectorale au point de l'articulation de celle-ci avec l'appendice basculaire; son extrémité inférieure descendant assez bas est libre ainsi que la partie contiguë des bords latéraux, et dans plusieurs espèces cette extrémité inférieure se recourbe en avant; en haut, la portion postérieure de son bord supérieur est libre aussi, et s'unit au rebord postérieur du post-dorsum par l'intermédiaire d'une forte membrane ligamenteuse, ainsi qu'il a déjà été dit. Dans les

taons ce bord supérieur porte deux petits muscles allant en avant s'insérer au dorsum. C'est sur les parties latérales de sa face postérieure que sont collées les gaînes des balanciers, entre les extrémités supérieures desquelles se trouve le cordon intermédiaire auquel s'attache le haut du ventre; par là, les mouvemens imprimés au costal peuvent se communiquer à l'abdomen. Chez les taons le costal est couvert presque en entier par l'abdomen; dans les asiles, les syrphes, les mouches de la viande, sa partie supérieure est découverte; enfin chez les tipules que j'ai vus, cette partie supérieure qui est aussi découverte, se porte considérablement en arrière et l'abdomen s'y attache fort bas. Les muscles releveurs de cette dernière partie y sont aussi fixés.

Des ailes. — Dans quelques diptères qui n'ont point d'ailerons ou chez qui ces parties sont peu développées, l'abdomen est grêle et les ailes sont placées plus en arrière que chez les autres espèces, et de manière à établir dans le vol l'équilibre entre la partie antérieure du corps et la postérieure. Chez tous les insectes de cet ordre que j'ai examinés la partie antérieure de l'aile ne change pas, les plis restant toujours fixes; quelques poils se voient à la surface de cette aile, qui, en outre, est quelquefois bordée de petits cils.

La structure de la base de l'aile diffère peu de celle de la partie analogue dans les lépidoptères; l'*humérus*, qui paroît être un appendice de la *nervure cubitale*, lui étant attaché par une languette écailleuse susceptible de se fléchir et de s'étendre légèrement, s'articule en dessous avec l'appui de l'aile, et du côté interne avec un osselet radical très-fort, descendant entre l'appui et le rebord latéral du dorsum, pour

s'articuler d'une manière serrée, en bas et en avant, avec l'apophyse humérale de ce rebord latéral, et en arrière avec l'extrémité du bras de l'appendice basculaire. C'est principalement dans l'articulation de l'humérus avec l'osselet radical, et par le moyen de la flexion légère que peut subir la languette ou le pédicule de la nervure cubitale, qu'ont lieu les mouvemens d'abduction et d'adduction par lesquels les ailes s'ouvrent et se ferment.

La *nervure radiale* tient en avant par des membranes à une portion assez mobile des tégumens de la conque pectorale (*écaille axillaire*), située au devant de la base de l'aile, mais plus bas; cette écaille porte, du côté interne et flottant dans l'intérieur du tronc au devant de l'appui de l'aile, une apophyse ou tendon écailleux assez long, en forme de stylet, auquel s'attachent plusieurs petits muscles qui tirent l'aile en avant par l'intermédiaire de l'écaille axillaire et des membranes basilaires.

L'ongulaire ayant la forme d'une équerre est tout-à-fait semblable à celui des lépidoptères; sa branche supérieure et externe est large, et s'articule avec la principale nervure de la partie postérieure de l'aile; sa branche descendante et interne s'unit dans les syrphes avec l'apophyse styloïde; mais dans les taons et les asiles elle ne tient à cette apophyse que par un osselet intermédiaire assez fort (*osselet de l'ongulaire*), un petit muscle dont l'office est de fermer l'aile en appliquant l'ongulaire contre le dorsum, s'insère immédiatement à la branche descendante de cet osselet. C'est au côté postérieur de cette branche qu'adhère le cuilleron ou aileron supérieur; le cuilleron inférieur plus fixe, tenant ou à l'apophyse sty-

côté du thorax, et s'en écarte en haut pour s'insérer au dorsum de chaque côté des muscles dorsaux. Ces muscles relèvent les ailes en abaissant le dorsum et rapprochant les parties latérales du tronc alifère.

Tout-à-fait en avant est un muscle des jambes antérieures, lequel est très-fort dans les asiles; il s'attache en haut sous le rebord antérieur du dorsum et s'insère en bas à la hanche. Un muscle des pattes mitoyennes, composé dans les mouches de la viande de plusieurs faisceaux de fibres et situé en dehors des sternali-dorsaux entre le premier et le second, s'attache aussi en haut au dorsum près de l'apophyse humérale et en bas à la hanche. Dans le vol ces derniers muscles prenant leurs points fixes en bas doivent contribuer à l'abaissement du dorsum; ils sont alors auxiliaires des releveurs des ailes proprement dits.

Enfin en dehors de tous ces muscles sont ceux généralement petits, servant la plupart d'auxiliaires aux muscles du vol, à étendre les ailes et à les plier. Nous en avons déjà cité plusieurs dont les plus considérables s'attachent à l'apophyse intérieure située au devant de l'appui de l'aile et que nous avons aussi mentionnée. Ces muscles étendent l'aile en la tirant vivement en avant; l'un d'eux s'insère dans le mamelon qui est près du stigmate antérieur du tronc.

Du vol. — Lors de la contraction des muscles dorsaux, le dorsum étant tiré en arrière et la convexité de son rebord cervical diminuant par là, il s'ensuit que sa moitié antérieure se hausse et que ses côtés s'éloignent; les côtés de la conque pectorale s'écartent aussi et reculent en se recourbant légèrement; en même temps le devant du post-dorsum est poussé

dans le même sens que le dorsum, tandis que la partie postérieure du costal est tirée en avant, entraînant avec elle le rebord postérieur et inférieur du post-dorsum auquel elle est attachée; par conséquent la partie antérieure de ce post-dorsum décrit un arc ascendant en tournant autour de son articulation inférieure, élevant par là l'autre *moitié* du dorsum. Le costal dont la convexité diminue en même temps s'étend en tous sens, contribue à élever la partie postérieure et supérieure du tronc et écarte de son côté les parois latérales de la conque pectorale. Les bras de l'appendice basculaire et les extrémités de ses apophyses styloïdes sont aussi haussés, et avec eux les extrémités internes des osselets radicaux des bases des ailes, d'où s'ensuivent l'abaissement de leurs extrémités externes et celui des ailes : par là le tronc alifère est dilaté, projeté en haut, et les ailes s'abaissent ainsi que les balanciers. Dans cette circonstance l'abdomen vibrant du côté d'en haut ne peut gêner l'ascension du tronc.

Quand ensuite les muscles dorsaux se relâchent, les parties des tégumens et des ligamens qui ont été tendues dans le mouvement précédent se débandent et sont portées, par leur force de restitution et par les muscles constricteurs dont les points fixes sont alors à la paroi sternale, vers leur état de repos, que même elles dépassent pour être bandées de nouveau en sens contraire de leur première tension : en conséquence au même instant les côtés de la conque pectorale se rapprochent, le devant de la même conque se porte en avant avec le dorsum, celui-ci et les bras de l'appendice basculaire descendent et le milieu du costal recule.

Le dorsum et les bras basculaires en s'abaissant entraînent

avec eux les parties internes des osselets radicaux, ce qui en fait hausser les parties externes avec les ailes. C'est alors que l'abdomen en descendant se dilate et admet de nouvel air dans son intérieur, diminuant par là les effets de sa chute (1).

(1) N'ayant pu établir, pour toutes les parties dures du thorax des insectes parfaits, la synonymie de mes noms avec ceux de M. Audouin, nous nous proposons lui et moi d'y suppléer très-prochainement.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Pl. 1, 2, 3 et 4, Anatomie du tronc alifère du Hanneton.

Dans ces figures, les dimensions sont octuplées.

PLANCHE PREMIÈRE.

FIG. 1 et 2. Elles servent à l'intelligence de quelques parties du texte.

FIG. 3. Elle représente le tronc alifère (où les deux segmens alaires) et l'aile droite vus en dessus. E. Écusson, partie supérieure du mésothorax (ou le dorsum des élytres); *a p*, angle postérieur de l'écusson; *g g*, extrémités latérales de la partie antérieure, entre lesquelles s'attachent la membrane qui unit l'écusson au prothorax et les muscles qui élèvent cette dernière partie; *c s*, clavicules scutellaires servant d'appuis aux élytres; *o p*, opercules tenant à ces clavicules et couvrant en partie les cavités *a p*, dans lesquelles est l'appareil présumé du bourdonnement; *e l*, articulation de l'élytre. D, dorsum (ou écaille dorsale), qui s'articule avec les ailes, et auquel s'insèrent les principaux muscles du vol; *e p*, sa partie scapulaire; *a b*, partie postérieure (*podorsum* ou appendices basculaires) dont l'écaille est plus ferme que le reste du dorsum, et à laquelle s'articule le costal; *p*, les panneaux, faisant partie du podorsum, et s'articulant avec le costal en *i*, et latéralement avec l'ongulaire *o n*; *a a*, apophyses humérales; *b*, apophyse crochue; *c*, arête du coude du dorsum; S, apophyse styloïde. M, partie cervicale du dorsum couverte par une simple membrane; C *c*, prædorsum, ou cloison cervicale, auquel s'insèrent en avant les muscles dorsaux et les sternali-dorsaux. CC, costal, demi-cloison transversale séparant le tronc de l'abdomen. Sur la face antérieure de sa partie moyenne *c c* s'attachent l'extrémité postérieure des muscles dorsaux, et sur ses parties latérales T T, celle des muscles costali-dorsaux; *e e*, apophyses par lesquelles il s'articule avec les plaques fulcrales; *g g*, apophyses en forme de palettes ovales, donnant attaches aux muscles costali-furculaires; *i i*, apophyses, ou branches antérieures, par lesquelles le costal s'articule avec les panneaux du dorsum; *h*, base de l'humérus; *d*, sa tête ou son bec; l'humérus s'articule avec l'apophyse humérale *a* du dorsum, avec la nervure cubitale *c b* de l'aile, avec l'omoplate *o*, et enfin avec l'appui de l'aile. P *f*, plaque fulcrale portant l'appui de l'aile ou partie supérieure et latérale de la conque pectorale; *x*, écaille à laquelle s'insèrent trois petits

muscles de la plaque fulcrale (muscles sus-axillaires); K, insertion du muscle coxali-axillaire; *r*, nervure radiale de l'aile, s'articulant très-librement avec la tête du pivot; *c b*, nervure cubitale unie intimement à la première, et s'articulant en ginglyme avec l'humérus; *f*, base du furculaire; H *p*, hanches postérieures.

FIG. 4. Partie antérieure du dorsum.

FIG. 5 et 6. D, dorsum; *cc*, le costal; *h*, *o*, l'humérus et l'omoplate vus en dessous; *n e*, nervures qui fortifient le dorsum de ce côté; *b*, *q*, nervures donnant insertion au coxali-dorsal, et formant l'apophyse crochue par leur réunion; *i i*, branches antérieures du costal, avec lesquelles s'articulent les panneaux, et donnant attache en arrière au ligament basilaire *l*; *o*, omoplate articulée avec l'humérus, et à laquelle s'attache l'extrémité antérieure du ligament basilaire; K, écaille fixée au ligament basilaire, et à laquelle s'insère, par l'intermède d'une cupule, le muscle coxali-axillaire; *m*, tête de l'appui vue en dessous.

FIG. 5 *bis*. Portion de droite du métathorax, de dessus laquelle on a ôté le dorsum, afin de montrer l'intérieur; *mt*, tête et tige de l'appui de l'aile, ou clavicule thorachique; M*p*, partie supérieure du muscle pectorali-axillaire avec la cupule à laquelle il s'insère en haut; VK, partie supérieure du muscle coxali-axillaire.

FIG. 7 et 8. Coupe transversale de l'aile prise sur la ligne AB (fig. 3): *b a*, son bord antérieur, sous lequel est une poche membraneuse susceptible de se remplir de liquide durant le vol, et de s'enfler, comme on le voit en *b a*, fig. 8.

FIG. 9. Coupe transversale de l'élytre; *b a*, bord antérieur.

PLANCHE II.

FIG. 10. Elle représente le tronc alifère vu par derrière, après que l'abdomen est ôté; A, ouverture postérieure du canal longitudinal par où passe l'intestin; *cc*, TT, le costal; *yy*, *zz*, bord qui s'articule avec le dorsum D par l'intermédiaire d'une membrane lâche; *ee*, apophyses articulaires; *g*, apophyses en forme de palettes ovales; *mf*, muscle costali-furculaire; *a b*, rebord postérieur et articulaire du dorsum; F, le furculaire et ses branches *b f*, soutenant en arrière la plaque furculaire et la crête sternale, et donnant attache à un grand nombre de muscles des jambes postérieures et de l'abdomen; Q, cavité dans laquelle est reçue l'apophyse sternale de l'abdomen; *t*, extrémité postérieure de l'appui de l'aile à laquelle s'attache un petit muscle *u* de la hanche postérieure; H*p*, hanche postérieure droite dont on a

ôté une partie de l'enveloppe pour laisser voir l'insertion du muscle HD, et l'insertion du muscle V, ou coxali-axillaire à la plaque intérieure ɼ; *h d*, extrémité du muscle coxali-dorsal; *m t*, muscle transverse.

FIG. 11. Le tronc alifère vu en devant, côté qui entre dans le prothorax; E, écusson; *g g*, extrémités antérieures et latérales, s'articulant en avant avec les osselets 2, *v*, et avec les élytres *e l*; D, dorsum; *e p*, sa partie scapulaire; C *c*, prædorsum; *h*, l'humérus s'articulant avec la nervure cubitale *c b* de l'aile; *r*, extrémité basilaire de la nervure radiale s'articulant avec la tête du pivot 3; *c s*, clavicules scutellaires portant les apophyses 4, auxquelles s'attachent des muscles 1, qui tirent l'écusson en bas et en avant; *o p*, opercules vues en devant; P*f*, plaque fulcrale; *c p*, conque pectorale; H *m*, hanches mitoyennes; *a c*, apophyses coxales auxquelles s'insèrent plusieurs muscles; *p s*, plaque furculaire à l'extrémité antérieure de laquelle s'attachent les muscles *s c* (sternali-coxaux); les muscles transverses *m t* s'y attachent en dessous; *p e*, partie antérieure de la poitrine entrant dans le prothorax.

FIG. 12. Le mésothorax est enlevé, et laisse voir le devant du principal et dernier segment alaire; D, dorsum; *e p*, sa partie scapulaire s'articulant avec l'humérus; M, partie membraneuse de sa portion cervicale; C*c*, prædorsum. Aux extrémités U de son bord inférieur s'insèrent deux muscles *u u* attachés aux extrémités des apophyses coxales; *s d*, muscles sternali-dorsaux, s'insérant en haut à la partie scapulaire du dorsum et aux parties latérales de son cou; M*p*, muscles pectorali-axillaires, s'insérant en haut à l'écaille axillaire antérieure 3, par l'intermédiaire d'une cupule au-dessus de laquelle s'attache le petit muscle ou ligament élastique Γ 5. Le petit muscle ou ligament élastique scapuli-axillaire Θ 4 s'insère aussi à la face concave et interne de l'écaille axillaire. C'est à la base de cette écaille et au-devant de la plaque fulcrale que se trouve l'organe du bourdonnement.

PLANCHE III.

FIG. 13. Elle représente le côté droit du tronc alifère. E, écusson vu de côté; ses parties antérieures *g* s'articulent avec les osselets 2; ses parties latérales avec les osselets radicaux des élytres; D, dorsum; C, costal; C*p*, conque pectorale; *p e*, partie antérieure de la poitrine; *c s*, clavicules scutellaires, portant en arrière les opercules; *p f*, plaque fulcrale, portant l'appui de l'aile ou clavicule thorachique *t m* et l'écaille axillaire; *b f*, extrémités des branches furculaires; V, insertion du muscle coxali-axillaire; *x*, insertion commune des muscles sus-axillaires; H*p*, hanches postérieures; H *m*, hanches mitoyennes.

FIG. 14. L'écusson, les clavicules scutellaires et les opercules, sont enlevés. M, partie membraneuse du cou du dorsum; C c, le prædorsum vu de côté; S D, muscles sternali-dorsaux; *m p*, cupule du muscle pectorali-axillaire; B, portion du stigmate que je soupçonne être l'organe du bourdonnement; *n*, petit muscle s'attachant à l'extrémité de l'apophyse coxale et au prædorsum; *g*, apophyse ovale du costal vue de son côté convexe; *mf*, muscle costali-furculaire.

FIG. 15. Moitié latérale du tronc alifère vue en dedans; les muscles du vol qu'elle contient sont enlevés. E, écusson; C *o*, prothorax; A *b*, attache supérieure de l'abdomen; D, dorsum; *b*, apophyse crochue; *a*, apophyse humérale à laquelle s'insère le petit muscle ou ligament élastique Γ, implanté sur la cupule du muscle pectorali-axillaire; C, costal; *e*, son apophyse articulaire; *g*, son apophyse ovale vue du côté concave; V, cupule à laquelle s'insère le muscle coxali-axillaire; Δ, Λ, λ, muscles sus-axillaires; *t*, principale nervure de l'appui de l'aile; 3 *, l'écaille axillaire vue en dedans, montrant l'insertion de la cupule du muscle pectorali-axillaire; Π, muscle très-mince, s'insérant en haut à la base de l'appui de l'aile *t*, et en bas à une nervure bordant la partie sternale de la conque pectorale; *s t*, l'ento-sternum; *p s*, la plaque furculaire; F, le furculaire; *bf*, extrémité d'une branche furculaire à laquelle s'insère le muscle costali-furculaire : c'est à la partie pointillée du sternum et de la plaque furculaire que s'attache le muscle ou ligament transverse; *a c*, apophyse coxale : la partie pointillée sert d'attache au muscle abaisseur du prothorax; *r*, sorte de plaque à laquelle s'attache le muscle coxali-axillaire.

FIG. 16 et 17. La plaque fulcrale vue en dedans. P*f*, est la plaque; *t m*, l'appui de l'aile; 3 *, l'écaille axillaire; *b*, l'apophyse crochue du dorsum; *c g i*, les extrémités inférieures du costal; *e*, apophyse par le moyen de laquelle le costal s'articule avec la plaque fulcrale; Δ, Λ, λ, *x*, muscles sus-axillaires, Θ, muscle scapuli-axillaire; ω, muscle qui s'insère à la jambe postérieure.

PLANCHE IV.

FIG. 18. Coupe longitudinale et verticale partageant le métathorax en deux parties égales, de manière à laisser voir la disposition des muscles du vol. Dans cette figure, l'ento-sternum, comprenant le furculaire et ses branches, la plaque furculaire et la crête sternale *s t*, sont conservés dans leur intégrité; *j* est un muscle de la jambe postérieure, attaché en haut à la crête sternale; D est le sommet du dorsum; elle contient la moitié des muscles du vol vus par leur

côté interne. Le premier, M D, est l'un des deux muscles dorsaux s'attachant en avant au prædorsum C *c*, et en arrière au costal C; S D, muscles sternali-dorsaux, composés de plusieurs faisceaux dont le plus fort est en avant, s'attachant en bas à la paroi intérieure du sternum et à la crête sternale, et en haut aux parties latérales du dorsum, de chaque côté des dorsaux; *sc*, un des muscles sternali-coxaux; *n* est un des petits muscles qui s'attachent aux extrémités des apophyses coxales et aux angles inférieurs du prædorsum.

FIG. 19. Elle représente la même coupe. Le muscle dorsal est enlevé, ainsi que le sternum, ce qui permet de voir C D, l'un des costali-dorsaux; et presque entièrement les sternali-dorsaux S D, P D, H D; la partie pointillée du faisceau antérieur désigne l'étendue de son insertion à la crête sternale; le faisceau P D s'attache en bas dans une cupule *cu*, et le faisceau H D s'insère dans la hanche postérieure; *m t* est l'ouverture par où passe le muscle ou ligament transverse.

FIG. 20 et 21. Mêmes coupes; tous les muscles précédens sont ôtés, ce qui laisse voir le muscle pectorali-axillaire M *p*, le coxali-dorsal *h d*, le coxali-axillaire V, et les sus-axillaires A λ.

Pl. 5, 6, 7, 8 et 9. Anatomie du thorax de la Libellule, *Æshne grande*.

(Toutes les dimensions sont octuplées.)

PLANCHE V.

FIG. 1 représente le tronc alifère, une partie de l'abdomen A *b* et les ailes vues en dessus. *cp*, F, est la partie antérieure de la conque pectorale que j'ai nommée *front*; *a a*, *plate-forme* entourée d'une nervure hérissée de petites épines, dont les angles *w*, *w*, forment des espèces de cornes; *b* membrane inter-frontale très-souple; D dorsum antérieur de figure pentagonale; D *p*, dorsum postérieur, portant en dessus deux tubercules ovoïdes; *h*, lame humérale s'articulant en bas avec le rebord latéral du dorsum, et en haut se recourbant en dehors pour s'articuler avec la portion radiale de la base de l'aile; *g*, apophyse de cette lame pénétrant au-dessous de la base de l'aile; B *i*, branches basculaires; *i*, apophyse de l'extrémité de ces branches s'articulant sous le devant de la portion cubitale de la base; *r r*, cloison transverse à laquelle s'attache en arrière la membrane inter-frontale, s'articulant aussi avec la partie antérieure et interne de la base des ailes; S est la nervure humérale; K, panneaux triangulaires tenant à la partie postérieure du dorsum et s'articulant avec la portion cubitale de la base de l'aile; *n n*, nervures rétractives renfermant des ligamens élastiques; *o o o*, plaque tuberculeuse te-

nant aux deux dorsum, et latéralement aux membranes basilaires *x* protégées par l'écaille *p* en forme de ménisque; *y*, plaque abdomino-dorsale, tenant en avant au dorsum postérieur, en arrière à l'abdomen, et latéralement aux membranes souples *z*; A, ailes antérieures; A*p*, ailes postérieures; ces ailes sont soudées à leur base respective; *q e*, portion radiale de la base; *ft*, portion cubitale; *g*, nervures transversales très-larges, servant à assujettir et à fortifier les plis longitudinaux des ailes, de manière à empêcher leur forme de changer.

Les traits ponctués ...... désignent l'extrémité articulaire des appuis et leurs dispositions relativement aux bases des ailes; les traits circulaires pointillés ...... indiquent les insertions des tendons des muscles abaisseurs; ..... insertions des petits muscles auxiliaires postérieurs; les traits ...... marquent l'insertion supérieure des muscles sternali-dorsaux releveurs des ailes; les petites lignes parallèles pointillées ...... indiquent la place des petits muscles fulcro-basilaires renfermés dans la portion cubitale de la base de chaque aile.

FIG. 2 et 3. A, coupe transversale de l'aile antérieure près de sa base; *b a*, est le bord antérieur; B, autre coupe transversale de la même aile, partageant en deux le *stigmate* ou *point de l'aile;* S, stigmate.

PLANCHE VI.

FIG. 4 et 5 représente la conque pectorale ou le côté gauche du tronc alifère dont on a ôté les ailes. La figure 5 fait voir la face interne des tégumens du côté droit. *a a, a a* (fig. 4), raie creuse indiquant en dehors les nervures intérieures qui servent d'appui aux ailes (nervures que l'on voit fig. 5): *fg*, extrémités articulaires de ces appuis; *w w'*, parties écailleuses très-solides, protégeant en devant les tendons des muscles abaisseurs antérieurs des ailes sortant par les ouvertures *o v*; *s a*, stigmate thorachique antérieur; *s p*, stigmate postérieur; A*b*, abdomen; *j m*, jambe mitoyenne; *j p*, jambe postérieure.

PLANCHE VII.

FIG. 6. Le tronc alifère vu en devant; *o*, ouverture par où passe l'œsophage et autres vaisseaux; *c p*, F, le front ou partie antérieure de la conque pectorale; *b*, membrane inter-frontale; *w*, les cornes de la plate-forme; *c o*, nervure donnant attache à la membrane qui unit le prothorax au tronc alifère; *s a*, stigmate thorachique antérieur; *a t*, écailles ou nervures auxquelles s'attachent en bas les muscles abaisseurs antérieurs; *j m*, jambes mitoyennes.

FIG. 7. Les tégumens étant enlevés, les muscles sont à découvert; D, le dorsum antérieur vu en devant; *r*, cloison transverse; *r'*, apophyse *onguiculée* à l'extrémité de laquelle s'attachent deux petits muscles longitudinaux *mm*; A, ailes antérieures; *de*, leurs bases s'articulant avec les appuis *a a*; M*p*, muscles pectoraux antérieurs ou abaisseurs des ailes, s'attachant en haut à une cupule surmontée d'un tendon, qui s'insère à la base de l'aile en *d*, et en dehors de l'appui *a*; *e*, petit muscle abaisseur antérieur portant un long tendon; SD, muscles sternali-dorsaux ou releveurs des ailes, s'attachant en haut à des cupules *b*, fixées au pli inférieur des rebords latéraux de la moitié antérieure de chaque dorsum; *a*, petits muscles ou ligamens élastiques transversaux, fixés à la partie antérieure des côtés externes de ces cupules et s'insérant à la bifurcation des appuis des ailes.

PLANCHE VIII.

FIG. 8. Les tégumens latéraux qui sont enlevés laissent voir tous les muscles abaisseurs lesquels se présentent les premiers; M*p*, M*p'*, muscles pectoraux abaisseurs de l'aile antérieure; *d* et *f* sont leurs tendons coupés près de leur insertion à la base de cette aile; *e*, *g*, *h*, trois petits muscles auxillaires des pectoraux; le muscle *h* s'attache en bas à la conque pectorale, au-dessus du stigmate thorachique S*p*; M *p*, M'''*p*, muscles pectoraux abaisseurs de l'aile postérieure; *e'*, *g'*, *h'*, sont leurs trois petits muscles auxiliaires; *m* A, muscles releveurs de l'abdomen A *b*; *ma*, muscles abaisseurs de la même partie.

FIG. 9. Les muscles pectoraux sont ôtés, ce qui permet de voir les releveurs des ailes. SD, sternali-dorsaux releveurs des ailes antérieures, composés de plusieurs faisceaux distincts quoique réunis, s'insérant au dorsum D et à la base des ailes en dedans des appuis, par l'intermède des cupules *b* et de la lame humérale; SD sternali-dorsaux des ailes postérieures s'insérant au dorsum D*p* et à la base des ailes par l'intermède de la cupule *b'*; les muscles des jambes *ik*, *ik*, servent dans le vol d'auxiliaires aux sternali-dorsaux; L S, tendons écailleux des muscles releveurs de l'abdomen.

FIG. 10. Coupe longitudinale du thorax du fourmilion. *c* prothorax; A *b* abdomen; D dorsum du mésothorax; *a b* son appendice basculaire; C *c* son rebord cervical; D' dorsum du métathorax; *ci* son rebord antérieur; C *o* costal; MD muscles dorsaux du mésothorax, s'attachant en avant au rebord cervical du dorsum, et en arrière sur le devant du rebord antérieur du dorsum métathorachique; M D' muscles dorsaux du métathorax, s'insérant en avant au rebord *ci* et en arrière au costal; S D muscles sternali-dorsaux.

PLANCHE IX.

[illegible] transversale et verticale du tronc alifère, laissant voir le devant [illegible] : contour de la conque pectorale auquel tien[illegible] les ailes [illegible] Dp, dorsum postérieur; SS, nervures humé[illegible] qui borne l'élévation de l'aile; *e*, bases [illegible] postérieures articulées avec leurs appuis *a a'*; M''*p*, muscle pectoral [illegible] la base de l'aile en dehors de l'appui; SD', muscle sternali-dorsal [illegible] à la même base en dedans de l'appui, par l'intermède de la lame [illegible] du dorsum.

[illegible] segment [illegible] antérieur vu par derrière. *a*, extrémité articulaire de [illegible] dorsum [illegible] nervure rétractive; *r*, apophyse onguiculée de ce [illegible] muscles pectoraux postérieurs de ce segment et leurs insertions [illegible] leurs auxiliaires postérieurs; SD, muscles sternali-dorsaux.

[illegible] vu par derrière. *a*, extrémité articulaire de l'appui; D*p*, [illegible] nervure rétractive; *r*, portion de la plaque abdo[illegible] muscles pectoraux postérieurs de ce segment et leurs [illegible] en dedans des appuis; *g'*, *h'*, leurs auxiliaires posté[illegible] SD, sternali-dorsaux de ce segment.

[illegible] coupe longitudinale du thorax du fourmilion.

[illegible] Anatomie du tronc alifère du Bourdon.

([illegible] des figures sont octuplées.)

PLANCHE X.

[illegible] tronc alifère du bourdon et les ailes vus en dessus; C, partie [illegible] du collier, s'articulant en arrière avec le dorsum [illegible] thorachiques ou appuis des grandes ailes *d*; il porte les [illegible] l'appareil du bourdonnement et le bord antérieur [illegible] D, dorsum, couvrant dans les bourdons la plus grande par[illegible] de la face supérieure du tronc, et donnant insertion aux principaux muscles du vol. Il s'articule en avant avec le collier et ses opercules, laté[illegible] avec les clavicules thorachiques et avec les osselets radicaux des bases [illegible] par l'intermédiaire des apophyses humérales *m*, et en arrière avec [illegible] : K, est un sillon longitudinal, divisant le dorsum en deux parties

égales ; *h h* deux autres petits sillons ; B bascule, comprenant le post-dorsum et les bras basculaires : c'est un double levier courbe qui s'articule en avant avec le dorsum et en arrière avec la demi-ceinture ; ses bras s'articulent aussi avec le costal et avec plusieurs osselets radicaux, surtout avec le sigmoïde S ; E valve radicale couvrant la base de l'aile supérieure ; A *a* ailes supérieures ; A *p* ailes inférieures ; l'aile supérieure s'articule avec l'humérus *b b* ; son bord antérieur est composé de deux nervures accolées, la radiale et la cubitale. La partie *f l* de l'aile inférieure est molle et flexible ; *g* est un aileron que l'on remarque aux xilocopes violettes et qui se replie en dessous dans le repos ; *b b* l'humérus ou tige basilaire, s'articule du côté externe avec les nervures de l'aile, et du côté interne avec les osselets radicaux ; il est formé de deux portions, la radiale et la cubitale ; cette dernière, qui est la postérieure, porte en dessous un petit tubercule entrant, lorsque l'aile est repliée dans une petite cavité *i* qui est à l'origine de la quatrième nervure ; *c* premier osselet radical (le *claviculaire*), s'articule sur le sommet de l'appui de l'aile supérieure et par des ligamens très-lâches à la portion radiale de l'humérus ; S partie supérieure du sigmoïde ; cet osselet s'articule avec le dorsum en *m*, en dehors avec la portion radiale de l'humérus, en bas avec l'extrémité du bras correspondant de la bascule, finalement avec l'omoplate et, par l'intermède de celle-ci, avec la clavicule ; *o* est l'ongulaire.

FIG. 2. Les tégumens de la portion métathorachique de la conque pectorale sont enlevés, ce qui permet de voir le costal C *o* articulé avec le bras *p* de la bascule B ; *v* attaches des muscles costali-abdominaux ; *r t* appendices costaux ; *e* claviculaire ; *m'* omoplate, osselet qui s'articule avec la clavicule *d* et avec le sigmoïde.

FIG. 3. Coupe de la bascule B et du costal C *o*, permettant de voir les faces latérales et internes de ces deux pièces, leur articulation réciproque, le sinus formé en arrière par les parois de la partie postérieure de la bascule ou post-dorsum, et l'articulation du sigmoïde S avec la partie externe de l'extrémité du bras de la bascule ; *y* muscle qui s'insère à cette extrémité ; *q* le vectiforme, osselet articulé par son extrémité antérieure sur la face interne et à l'extrémité de la branche correspondante du costal ; l'extrémité postérieure de cet osselet donne attache au petit muscle *x* ; *t* fait partie des appendices costaux.

FIG. 4. Coupes transversales des ailes sur la ligne *d e f* de la fig. 1 ; *b a* bord antérieur de l'aile supérieure recourbé en bas ; on voit en *c* comment les deux ailes s'accrochent dans le vol.

FIG. 5. Autres coupes transversales des mêmes ailes sur les lignes *a c b* ; *b a'* bord antérieur de la petite aile ; sa forme lui permet, durant le vol, de se placer sous le bord postérieur de la grande aile, de manière à ne laisser subsister que le moins de vide possible entre les deux ailes.

PLANCHE XI.

FIG. 6 représente le profil du tronc alifère ; les ailes sont enlevées. C le collier auquel s'attachent les muscles qui relèvent la tête et la membrane qui unit cette dernière partie au tronc ; *o p* opercule sous lequel est le stigmate thorachique antérieur que je crois être l'organe du bourdonnement ; D dorsum dont les faces latérales sont en partie cachées par les clavicules thorachiques *d* ; B bascule ; *p* est l'extrémité articulaire de ses bras ; *a c* est la demi-ceinture ou dorsum des ailes inférieures ; *c p*, *e f* portion mésothorachique de la conque pectorale portant les clavicules *d* auxquelles s'articulent les grandes ailes ; *c p'*, *e f* portion métathorachique de la même conque ; la petite aile s'articule en *e b* ; S*p* stigmate thorachique postérieur ; *g* articulation du tronc avec l'abdomen ; *j m* jambes mitoyennes ; *j p* jambes postérieures.

FIG. 7. Profil du dorsum : *e* est son rebord cervical et son articulation avec le collier *c* ; celui-ci est coupé afin de faire voir le mode de cette articulation ; *ab* bord externe de la petite fossette dans laquelle s'articule la valve radicale ; *m* enfoncement courbe et léger où cette valve est reçue quand elle s'élève ; *g* est une entaille dans laquelle entre et s'articule l'apophyse interne du sigmoïde ; *d* tubercule mousse sur lequel le sigmoïde se replie dans le repos de l'aile ; T coupe de la partie postérieure de la tête tenant au collier par une forte membrane ; B coupe de la bascule où l'on montre son articulation avec la demi-ceinture *a c*, et l'articulation de celle-ci avec le bord supérieur de la portion métathorachique de la conque pectorale.

FIG. 8. La bascule dont la moitié B est vue en dessus et l'autre moitié B' en dessous ; *pp* extrémités de ses bras, sur les faces externes desquelles s'articulent les sigmoïdes S.

FIG. 9, 10, 11 et 12 représentent la plupart des osselets radicaux des bases des ailes ; B bascule vue du côté externe et son articulation *p* avec le sigmoïde S ; C *q* costal ; *s* sigmoïde ; *a* apophyse interne par laquelle il s'articule avec le dorsum ; *f* crochet externe s'articulant avec la portion radiale de l'humérus *b* ; *m'* omoplate articulée avec le corps du sigmoïde et tenant par des ligamens lâches avec l'extrémité inférieure de l'ongulaire *o* ; l'extrémité supérieure et externe de ce dernier osselet s'articule avec la dernière nervure de l'aile *t*, et il est cotoyé, ainsi que l'équerre, par la nervure rétractive *n*.

tache un autre muscle ou ligament élastique qui va s'insérer à la palette de la demi-ceinture et tend à rétrécir la poitrine; *m l* est le muscle qui s'insère au vectiforme; *j m* ouvertures articulaires des hanches mitoyennes; *j p* ouvertures des hanches postérieures; *o* A ouverture communiquant avec l'abdomen; *g* échancrure dans laquelle l'abdomen s'articule, donnant aussi passage aux muscles releveurs de cette partie.

FIG. 18. Les tégumens antérieurs de la conque pectorale sont enlevés et laissent voir le devant de l'ento-sternum *s t* auquel s'attachent plusieurs muscles des jambes; *b s* est le rameau antérieur avec le ligament élastique S qui le termine et l'unit à la conque; *a a* sont les parois des loges des hanches mitoyennes formant relief en dedans; *b* échancrure de ces reliefs laissant voir les muscles contenus dans la loge; *a* lames minces et larges, fortifiant les parois de la conque et séparant les deux portions de cette conque.

FIG. 19 représente l'ento-sternum vu par derrière; *bp* extrémité du rameau postérieur; *p* attache du muscle ou ligament élastique *m* A s'insérant à la palette de la demi-ceinture et contribuant à rapprocher les parois latérales de la poitrine; *g* et *t* sont des ouvertures pratiquées dans la demi-cloison transversale qui unit les branches furculaires à la conque.

FIG. 20 et 21. Coupes longitudinales et verticales partageant en deux parties égales la région supérieure du tronc alifère d'une scolie et d'un sphex, et laissant voir l'arrangement des muscles du vol et les articulations réciproques des différentes pièces qui composent les tégumens supérieurs. (*Le chiffre 4 indique que les dimensions sont quadruplées.*) C est le collier s'articulant librement avec le dorsum D par l'intermède d'un ligament très-lâche attaché à la duplicature interne *a* et à la nervure transversale *b* du rebord antérieur du dorsum; le bord antérieur du collier se replie en dessous en forme d'ourlet; *co, s* le costal s'élevant dans cette espèce jusqu'à la hauteur du bord supérieur de la demi-ceinture *a c*; B est la bascule et son sinus; *cp'* la portion postérieure de la conque pectorale; *g* est l'articulation de cette portion avec l'abdomen; *dr* muscles releveurs de cette dernière partie; M D muscles dorsaux; S D muscles sternali-dorsaux.

FIG. 22. Intérieur de la moitié latérale du tronc alifère d'un sirex géant. C collier; T portion des tégumens de la tête; *m* membrane qui unit cette partie au collier; A *b* portion de l'abdomen; D dorsum; *a b* son appendice basculaire; *a* portion des tégumens supérieurs du métathorax; *co* costal; M D muscles dorsaux; S D muscles sternali-dorsaux.

PLANCHE XIII.

(Les chiffres 2 et 4 entre parenthèses indiquent que les figures ont été quadruplées ou doublées.)

Presque toutes les figures de cette planche représentent des coupes longitudinales et verticales, partageant en deux parties égales le tronc alifère de plusieurs insectes d'ordres différens, de manière à laisser voir la disposition de leurs muscles du vol.

FIG. 1 et 2. Intérieur de la moitié latérale du tronc alifère d'un criquet voyageur; les muscles du vol qui appartiennent à cette moitié sont vus par leur face interne; C portion du prothorax; *m m'* membranes lâches qui unissent le prothorax au tronc alifère; D dorsum du mésothorax; C *c* son rebord antérieur auquel s'attachent les muscles dorsaux M D; *a b* son appendice basculaire ou post-dorsum; D*p* dorsum du métathorax; *c i* son rebord antérieur sur les deux faces duquel s'attachent les muscles dorsaux des deux segmens; *a b'* son post-dorsum; C *o* le costal divisé en deux lobes par une échancrure profonde, médiane et verticale, servant d'attache postérieure aux muscles dorsaux du métathorax; M D muscles dorsaux du mésothorax; M D' muscles dorsaux du métathorax; S D muscles sternali-dorsaux du mésothorax, le faisceau antérieur est le plus fort; S D' sternali-dorsaux du métathorax (ces derniers muscles ne sont point prolongés jusqu'à leurs attaches inférieures); *a* appuis des ailes portant en bas une longue apophyse transverse s'articulant en biseau avec les branches *b s* de l'ento-sternum; *d* est une apophyse furculaire isolée (voy. la fig. 2); B organe musical ou le tambour; *o v* petite ouverture ovale pratiquée dans la membrane tendue du tambour; *s t* stigmate thorachique.

FIG. 3 et 4. La première représente la coupe de l'élytre et la seconde celle de l'aile d'un criquet voyageur; *b a* est le bord antérieur.

FIG. 5 et 6 montrent l'intérieur de la moitié latérale du tronc alifère d'une cigale; *c* le prothorax et la membrane lâche qui l'unit au tronc alifère; A *b* arceau supérieur du premier anneau de l'abdomen; D dorsum à la partie antérieure et supérieure duquel s'insèrent les muscles dorsaux; *a b* son post-dorsum se recourbant en dessous en forme de ressort pour s'unir au costal par l'intermède d'une membrane; *c o* le costal, tenant intimement aux parois latérales de la conque pectorale, s'articulant en bas, où il se porte fort avant, avec les apophyses sternales, et servant à l'attache postérieure des muscles dorsaux

et des muscles costali-dorsaux; MD muscles dorsaux; SD (fig. 6) muscles sternali-dorsaux; CD muscles costali-dorsaux.

FIG. 7 représente l'intérieur de la moitié latérale du tronc alifère de l'*edessa nigripes;* C le corselet ou prothorax; A *b* abdomen; D dorsum; *a b* son post-dorsum sous lequel est une duplicature écailleuse donnant attache à la membrane qui l'unit au costal; C *o* le costal dont l'extrémité inférieure se porte en avant pour s'articuler avec les apophyses sternales; MD muscles dorsaux; SD muscles sternali-dorsaux.

FIG. 8. Coupe des ailes d'une cigale, montrant les crochets au moyen desquels elles s'unissent dans le vol; *b a* bord antérieur fort épais de l'aile supérieure.

FIG. 9. Le sphinx épervier vu par dessus; *c* prothorax; *i i* petites vésicules tenant à la partie supérieure du prothorax et près desquelles sont de grands stigmates; D dorsum; *a b* son appendice basculaire; *e* écailles en forme d'épaulettes, couvrant la partie scapulaire du tronc et la base des ailes; AA les ailes près de leurs bases; *a a* écailles dorsales de l'arrière-poitrine; A *b* abdomen.

FIG. 10. Intérieur de la moitié latérale du tronc alifère du sphinx atropos; T tête; *c* prothorax; D dorsum; *e* rebord cervical formant une pièce séparée (*la fourchette*); *a b* post-dorsum; C *o* costal; MD muscles dorsaux attachés en haut et en avant au dorsum et au rebord cervical, et en arrière au costal; SD sternali-dorsaux.

FIG. 11. Coupe des ailes d'un papillon; *b a* leurs bords antérieurs.

FIG. 12 et 13. Intérieur de la moitié latérale du tronc alifère du syrphe vide (*inanis*); T tégumens d'une portion de la tête; D dorsum; *c t* partie en forme de bourrelet intimement unie au dorsum, tenant lieu de la partie supérieure du prothorax; elle borde et renferme le haut et les côtés de l'ouverture antérieure du tronc; *a b* post-dorsum; *c o* le costal; A *b* portion de l'abdomen; SS branches de l'ento-sternum; MD muscles dorsaux; SD, SD' sternali-dorsaux; CD costali-dorsaux.

FIG. 14. Coupe transversale et verticale de la portion supérieure du tronc alifère d'un syrphe, montrant les plis *b b* des bras basculaires susceptibles de s'ouvrir et de se fermer; *a a* bords inférieurs, intérieurs et libres de ces bras; MD partie antérieure des deux muscles dorsaux; SD partie supérieure des sternali-dorsaux.

FIG. 15, 16 et 17. Aile droite d'une mouche bleue de la viande; plusieurs coupes de ces mêmes ailes; *b a* leurs bords antérieurs.

FIG. 18. Coupe de l'aile d'un oiseau, montrant la disposition des plumes daus le vol; *b a* bord antérieur.

FIG. 19. Coupe d'une plume: T est la tige; *b a* le bord antérieur.

Les figures suivantes montrent la forme et la disposition des barbes et des barbules.

FIG. 20. Barbes et barbules d'une plume de l'aile d'un aigle.

FIG. 21. *Id.* d'un cigne

FIG. 22. *Id.* d'un jabiru.

FIN.

OBSERVATIONS

SUR QUELQUES PARTIES DE LA MÉCANIQUE

DES MOUVEMENS PROGRESSIFS DE L'HOMME ET DES ANIMAUX VERTÉBRÉS (1).

Après avoir expliqué de notre mieux le mécanisme du vol des insectes, nous terminerons par l'examen de quelques parties de la mécanique des mouvemens progressifs de l'homme et des animaux vertébrés qui sont en rapport avec les principes posés dans les précédens chapitres.

Exposition.

Ce n'est point, comme l'on voit, un traité complet des mouvemens locomoteurs que nous avons l'intention de faire; mais de suppléer, autant qu'il nous sera possible, à quelques lacunes considérables que nous avons cru remarquer dans les ouvrages qui traitent spécialement de la locomotion: lacunes qui, selon nous, rendent peu satisfaisantes et incertaines les explications des mouvemens progressifs.

Les travaux de Borelli sur cette partie sont ceux qui ont été accueillis avec la faveur la plus soutenue; il est évident néanmoins que cet auteur n'a pas considéré son sujet sous

(1) Me proposant surtout de démontrer ici l'existence, l'utilité et l'emploi de la force de ressort dans les mouvemens progressifs, je me trouve obligé, pour ne point détourner l'attention du sujet principal, de renvoyer dans des notes, peut-être trop considérables, tout ce qui a rapport au point d'appui, aux points fixes des muscles, à la force centrifuge et à la communication du mouvement.

toutes les faces possibles. Ainsi, il nous a semblé que la théorie du point-d'appui étoit incomplète chez lui et chez ses successeurs ; que le point fixe des muscles surtout, qui est tantôt à l'une des extrémités de ces muscles, tantôt à l'autre, suivant leurs fonctions, avoit généralement peu occupé les physiologistes (1), et qu'ils ne faisoient aucune

(1) Tout animal a besoin de trouver sur la terre, dans l'eau ou dans l'air, *un appui qui le soutienne*, et à l'aide duquel il puisse encore exécuter ses mouvemens locomoteurs. La direction des forces de cet appui est directement opposée à celle de la pesanteur et lui fait équilibre.

Les *points d'appui intérieurs*, nécessaires aux mouvemens variés des parties du corps, sont pris sur celles de ces parties qui sont les moins mobiles dans quelques situations qu'elles se trouvent.

Les *points fixes des muscles des membres* sont constamment du côté qui présente le plus de résistance ; les muscles des extrémités inférieures, dans leurs principales fonctions, consistant à mouvoir le corps entier, ont toujours leurs points fixes du côté de l'appui extérieur ou de leurs tendons ; ces points fixes sont au contraire du côté d'en haut ou des attaches aponévrotiques, lorsqu'il ne s'agit que de mouvemens partiels.

Je ne pense pas que Borelli ait vu de même que moi à cet égard ; ce qui le prouve c'est que, selon lui et selon d'autres après lui, ces muscles, pour produire la marche et le saut, tirent les membres de bas en haut ; donc ils les font agir comme s'ils avoient toujours leurs points fixes du côté d'en haut : or, ils n'ont leurs points fixes de ce côté que lorsqu'ils élèvent l'une des jambes au-dessus du sol pour la porter en avant ; alors le bassin, ou *le centre de gravité*, est par rapport à cette jambe la partie la moins mobile ; mais quand il s'agit de mouvoir le corps entier, soit en haut, soit en avant, ces points fixes sont toujours du côté de l'appui extérieur.

Selon nous, une cause d'erreur a été de considérer les muscles de nos membres comme appartenant moins à l'os qu'ils revêtent qu'à la partie contiguë à laquelle s'insèrent leurs tendons inférieurs et qu'ils meuvent par l'intermède de ces tendons. Ainsi, par exemple, les muscles qui forment la cuisse, remuant la jambe lorsqu'elle est en l'air, sont appelés *muscles de cette jambe* par plusieurs physiologistes ; mais on n'a pas vu que dans les cas où ces muscles déploient toutes leurs

application de la force centrifuge, ni la moindre mention de l'élasticité de plusieurs substances animales que les muscles des membres, de concert avec la pesanteur des parties supérieures et avec l'accélération qui a lieu dans les mouvemens descendans (1), mettent en jeu dans la locomotion.

---

forces, comme lorsque la jambe est posée à terre, ils fléchissent ou redressent la cuisse, et meuvent par là tout le corps avec elle. On doit donc leur donner le nom de *muscles de la cuisse,* qui est la partie qu'ils forment par leur réunion autour du fémur, et parce que dans les mouvemens progressifs ils meuvent cette partie aussi souvent qu'ils meuvent la jambe.

Par une conséquence de la manière de voir que nous venons de signaler, dans les ouvrages de physiologie, on parle toujours des mouvemens de la jambe sur la cuisse et de ceux de cette dernière partie sur le tronc, mais rarement des mouvemens contraires, qui sont aussi fréquens et plus considérables; tels que ceux du tronc sur la cuisse, de celle-ci sur la jambe et de la jambe sur le pied, lorsqu'on est debout et que l'on fléchit ces parties ou qu'on les redresse; de là une autre source d'erreurs que nous ferons connoître?

Les points fixes, bien loin de diminuer la force des muscles, comme le croient plusieurs physiologistes, la mettent au contraire en évidence; en effet, comment connoîtroit-on cette force si les muscles, pour l'exercer, ne partoient pas d'un point fixe placé à l'une quelconque de leurs extrémités.

Le point d'appui arrête le mouvement qui tend à s'opérer dans sa direction, ce qui détermine les muscles à prendre leurs points fixes de son côté, afin d'effectuer ce même mouvement du côté opposé qui est libre ou du moins plus mobile, et de l'ajouter ainsi au mouvement propre de ce dernier côté. Ainsi, par le moyen du point d'appui, toute la force musculaire est employée à la locomotion: sans lui, en effet, ces muscles agissant à peu près également en sens opposé contre leurs deux points d'attache, leur action n'auroit aucun résultat utile à la locomotion.

Borelli a remarqué aussi que le point d'appui influoit sur les mouvemens progressifs; mais il n'explique pas cette influence et ses résultats, en disant seulement que le corps est alors mu en avant d'un mouvement réfléchi.

(1) J'entends par *mouvemens descendans* ceux qui proviennent de la flexion de nos membres abdominaux et de la courbure du tronc lorsque nous sommes debout; et par *mouvemens ascendans,* le redressement du côté d'en haut des parties fléchies ou courbées. J'appelle *force centrifuge ascendante,* celle qui

On se contente presque généralement de nous montrer les muscles comme agissant sur des substances à peu près inertes et dont les parties élastiques ne sont guères propres qu'à préserver certains organes des effets de la commotion. Nous sommes loin de nier ce dernier usage ; cependant, en considérant la nature et la disposition des élémens élastiques qui font partie de l'animal, leur continuité depuis la tête jusqu'aux pieds (car les extrémités articulaires des os composées de matières très-élastiques se touchent immédiatement), la forme plus ou moins courbe de l'ensemble de la colonne vertébrale et des os des membres, le renflement et la spongiosité couverte de cartilages des extrémités articulaires de ces derniers os, le mode d'action exercé sur eux, surtout lors du redressement des membres abdominaux, la direction de la pression qu'ils supportent, direction qui ne passe point par leur centre de gravité, on ne peut douter 1°. qu'outre leur office de soutien, ces os ne soient employés aussi à cause de la force de ressort que *la compression et la traction* développent en eux, surtout *à la fin de la flexion des membres et dans le premier instant des efforts que font les muscles extenseurs pour redresser ces membres ;* 2°. que les ressorts ne soient formés, non-seulement aux extrémités spongieuses et couvertes de cartilages des os, soit dans les articulations, soit contre les points d'appui, mais encore dans le corps même de ces os, ressorts dont la somme des forces est égale

---

résulte de ce redressement par lequel les parties situées les unes au-dessus des autres sont mues circulairement de bas en haut autour de leur articulation inférieure respective.

à l'action des muscles et au produit des masses par les carrés des vitesses des parties qui se meuvent et pèsent en même temps sur ces extrémités des os. On ne peut encore douter que, réagissant contre de telles forces, ces substances, dont nous regardons l'élasticité comme parfaite (1), n'acquièrent par là une quantité de mouvemens spontanés égale à leur réaction. Or, en examinant ces faits sous plusieurs aspects, cherchant si la quantité de mouvement communiquée de la sorte aux substances élastiques des articulations étoit détruite ou absorbée d'une manière quelconque ou contribuoit à la locomotion ; je me suis convaincu en effet, qu'en se combinant avec la force centrifuge ascendante qui se manifeste dès le commencement de l'extension des membres locomoteurs, elle secondoit l'action des extenseurs dans le redressement plus ou moins rapide de ces membres, et ajoutoit ainsi quelques lumières à la connoissance de nos mouvemens progressifs.

Ayant observé en même temps que les muscles extenseurs des membres abdominaux, lors de leurs principales fonctions, comme dans le saut, ne tirent pas les parties fléchies de bas en haut, ainsi que plusieurs physiologistes semblent le croire; qu'au contraire, leur action s'exerce de haut en bas; mais que, par là, ils font décrire simultanément aux diverses parties de ces membres, dans leur articulation inférieure respective, des mouvemens circulaires ascendans très-rapides, produisant des forces centrifuges qui s'ajoutent les unes aux autres, en

(1) Je ne regarde l'élasticité des os et des autres substances de même nature comme parfaite que dans l'animal vivant. Le ressort de ces substances favorise les mouvemens les plus lents comme les plus prompts; il seconde surtout ceux d'extension ; aussi sont-ils généralement plus rapides que ceux de flexion.

allant de bas en haut; j'en ai conclu que la force centrifuge ascendante produite comme je viens de le dire, pouvant enlever le corps si elle très-intense, étoit une cause essentielle de la locomotion (1).

---

(1) La force centrifuge, à l'égard des corps qui se meuvent circulairement dans les fluides, est proportionnelle aux masses, aux surfaces et à la distance du centre de mouvement.

L'animal, quel qu'il soit, ne pourroit se mouvoir que très-lentement, comme le limaçon ou la tortue, par exemple, s'il n'avoit à chaque instant à sa disposition les moyens de vaincre facilement sa propre pesanteur. Cette faculté lui est donnée par le mouvement circulaire de bas en haut, qui a lieu dans le déploiement plus ou moins subit, simultané et en sens alternatif des articulations de ses membres locomoteurs; ce qui lui procure sans cesse, principalement pour ses parties supérieures ou antérieures, une force centrifuge ascendante dont il peut, jusqu'à un certain point, accroître l'intensité.

La force centrifuge produite par le mouvement angulaire des parties des membres abdominaux autour de leurs articulations inférieures respectives, est surtout favorable à l'extension de ces parties. L'homme réunit la plupart des conditions les plus convenables pour engendrer la force centrifuge; ses parties les plus pesantes, les plus volumineuses, les plus molles, les plus abondantes en fluides ou humeurs sont en haut éloignées du point d'appui; les plus grèles, les plus courtes, les plus solides, les plus sèches et les plus élastiques touchent le sol; en sorte qu'il représente une pyramide renversée, dont la partie inférieure est presque toute composée de matière à ressort. Ce n'est pas encore tout, chaque partie de son corps est construite d'après les mêmes règles; car la cuisse est plus longue, plus charnue et plus forte que la jambe, et le tronc du corps a plus de volume que la cuisse; de plus, les parties supérieures de la jambe, de la cuisse et du tronc ont plus de grosseur et de masses que les inférieures, et par contre, celles-ci sont plus élastiques. Ainsi, après la flexion préliminaire en sens alternatif de ces parties, le redressement subséquent et simultané du côté d'en haut des arcs qu'elles forment, engendre une force centrifuge ascendante, qui est en proportion avec le poids respectif des parties, avec leur éloignement du point d'appui, avec le degré de tension des substances élastiques et avec la force des muscles extenseurs.

Les quadrupèdes qui courent et sautent beaucoup présentent à peu près la même conformation, leur train de devant est toujours beaucoup plus considérable

C'est en procédant de la sorte sur les diverses parties des mouvemens progressifs que j'ai pu reconnoître qu'il y avoit encore beaucoup à dire sur ces mouvemens, même d'après

---

que celui de derrière, et leurs jambes sont constamment terminées par des substances à ressort.

Les os longs des membres sont, non-seulement favorables à la force de ressort, ils le sont encore, et également, à la force centrifuge ascendante, par les grandes courbes que décrivent leurs extrémités supérieures dans le redressement des membres.

Plusieurs quadrupèdes, qui font de grands sauts, ont habituellement les jambes postérieures considérablement fléchies, vraisemblablement afin que, dans leur déploiement subit, de plus grandes courbes soient décrites, et que par là une force centrifuge plus intense soit obtenue.

Borelli et ses successeurs n'ayant fait aucune application de la force centrifuge font, dans quelques cas, agir les muscles à contre-sens; ceci n'est pas une exagération, je puis citer en exemple la manière dont ils expliquent le saut, qu'ils regardent comme principalement produit *par les releveurs du talon;* ce qui est évidemment, dans cette circonstance, faire tirer les muscles de bas en haut en prenant leurs points fixes du côté le plus mobile; tandis qu'au contraire ces muscles, dans ce cas, ayant leurs points fixes au calcanéum, meuvent d'avant en arrière le haut des os de la jambe.

Supposons plusieurs leviers joints ensemble par une substance élastique, disposés en sens alternatif au-dessus les uns des autres, et se mouvant circulairement tous à la fois de bas en haut dans leurs articulations inférieures respectives et autour du point fixe *b*, pour arriver en même temps sur la verticale *b g* (fig. 1, pl. I). Pendant que l'extrémité *c* du levier inférieur *b c* s'élève de la petite quantité *n k*, l'extrémité *d* décrit l'épicycloïde *d h* et monte trois fois plus haut que l'extrémité *c;* le point *e* s'élève presque huit fois davantage, parcourant la courbe ascendante *e i;* et le point *f* monte environ douze fois plus haut en décrivant la courbe *f g*; or, puisque le point *f* a douze fois plus de vitesse de bas en haut que le point *c*, on peut en conclure que la force centrifuge ascendante qui anime le premier a douze fois plus d'intensité que celle qui résulte du mouvement du second. (*Cette figure représente à peu près ce qui se passe dans l'homme lorsqu'il saute.*)

Borelli, et que le problême de leur mécanique n'étoit point encore complètement résolu.

De l'emploi de la force de ressort dans les mouvemens locomoteurs.

Essayons de faire comprendre comment nous entendons que le ressort des os et des autres parties élastiques de l'animal est mis en œuvre et devient utile à la locomotion, en favorisant principalement l'action des muscles extenseurs des membres.

L'homme et les animaux qui sont couchés, qui, dans ce cas, ont toutes les parties de leur corps soutenues par le sol, peuvent fléchir jusqu'à un certain point leur colonne vertébrale et les articulations de leurs membres sans l'intervention des extenseurs; par conséquent la substance élastique de ces membres ne peut être bandée par cette cause; mais chez l'homme, ou chez l'animal qui est debout appuyé sur ses jambes et qui, par exemple, se prépare à sauter, la flexion de ces membres étant presque toujours accompagnée du relâchement graduel des extenseurs et d'une certaine résistance de leur part, la matière à ressort en est plus ou moins bandée; et on doit regarder comme certain que le mouvement accéléré qui a lieu alors dans les parties supérieures du corps, en vertu de la pesanteur et de l'action rapide des fléchisseurs, abaisse ces parties supérieures un peu plus qu'elles ne le seroient par la simple contraction de ces fléchisseurs; par conséquent, la matière élastique des articulations se trouve bandée dans cette circonstance, en partie sans la participation

de ces muscles; et comme la volonté ne prend aucune part à cette augmentation d'abaissement, il s'ensuit que les extenseurs ne cédant qu'à la force se trouvent tiraillés: leur action qui survient immédiatement, n'a donc d'autre résistance à vaincre de la part des fléchisseurs que leur poids; mais cette action *qui s'opère avec la vitesse du choc et qui a des effets semblables*, doit surmonter, dans son premier instant, la tendance des parties supérieures à descendre, *ou leur inertie*. On concevra facilement que les substances élastiques reçoivent alors, de ce prompt et énergique effort des extenseurs, un surcroît de tension très-considérable : et comme l'ascension des parties, résultat de cet effort, a lieu immédiatement, il s'ensuit que cette ascension est favorisée par le rétablissement des ressorts, s'opérant aussi dans ce même instant et sitôt après la pression vive et forte dont nous venons de parler.

Circonstances où les ressorts sont bandés et se rétablissent en faveur de l'extension.

Ainsi la matière élastique de nos membres n'est tendue d'une manière utile à la locomotion que dans le premier instant de la contraction des extenseurs; jusqu'alors *la traction* ou *la pression* qu'elles subissent pendant la flexion, ne sont proportionnelles qu'à l'action des fléchisseurs et aux poids des parties supérieures multipliées par le carré de la vitesse et par la longueur des bras de levier sur lesquels ces puissances agissent. La détente de ces substances a lieu, comme dans le choc de deux billes élastiques, dans l'instant qui suit immédiatement la pression vive produite par les extenseurs et dès que les parties supérieures commencent à être allégées par le mouvement circulaire de bas en haut qui leur est imprimé et par la force centrifuge qui en est la suite, force dont l'intensité augmente rapidement et au point de

surmonter la pesanteur, à mesure que les parties se redressent et que le bras de levier de la résistance diminue.

Exemple pris dans la flexion de la cuisse sur la jambe.

Citons en exemple la flexion de la cuisse sur la jambe dans le saut. De cette flexion et de la saillie considérable qui se forme au genou, il résulte 1°. que les extrémités articulaires du fémur et du tibia sont comprimées et que les courbures naturelles de ces os doivent être augmentées; 2°. que les attaches des extenseurs sont évidemment éloignées les unes des autres, que par conséquent, la fibre charnue résistant, les tendons de ces muscles en sont tirés et bandés, particulièrement le tendon de la rotule; 3°. que toutes les parties de l'articulation femoro-tibiale sont tendues avec une force égale aux forces réunies des fléchisseurs et de la pesanteur du corps multipliée par le carré de la vitesse et par la longueur du bras de levier (le *fémur*) sur lequel ces puissances agissent; car ces forces sont intactes au moyen de la résistance des extenseurs et de celle du point d'appui.

Dans cette situation, d'un côté, les extenseurs sont fortement tiraillés et leurs tendons sont bandés; les os sont pressés par leurs extrémités, et toutes les parties élastiques des articulations sont tirées ou comprimées considérablement; de l'autre côté, on voit les fléchisseurs dans un état de relâchement complet et incapables, par conséquent, d'opposer d'autre résistance que celle qui est due à leur poids; il est donc clair qu'ils ne peuvent faire équilibre aux forces opposées, et que, lorsque la volonté se manifestera, le redressement des articulations doit s'opérer en partie par un redoublement d'efforts subit de la part des extenseurs (redoublement nécessaire afin de surmonter l'inertie des parties, et qui ne peut avoir

lieu sans que les substances élastiques ne soient plus fortement tendues) et en partie par la force de restitution de la matière élastique qui s'opère immédiatement après le premier effort des extenseurs, et qui est égale à la force comprimante. Or, cette force de restitution ne peut être détruite par la foible résistance des fléchisseurs qui n'est bien sensible que lorsque ces muscles se sentent tiraillés à leur tour vers la fin de l'extension, afin de prévenir la rupture des ligamens articulaires et le renversement des parties. Elle n'est pas détruite non plus par la pesanteur; car le redressement commençant toujours par le *maximum* des efforts de la *puissance d'extension*, dès lors, la force centrifuge ascendante s'emparant des parties qui se meuvent circulairement de bas en haut dans leurs articulations inférieures respectives, avec une intensité proportionnelle à leur éloignement du point d'appui, au poids de chacune et avec la diminution progressive de la résistance, fait disparoître aussitôt les effets de la pesanteur et permet à la matière élastique de se détendre complétement du côté libre et de favoriser l'extension.

Cette dernière circonstance se voit lorsqu'on est sur le milieu d'une planche élastique appuyée seulement par ses deux bouts; le moindre mouvement du corps de haut en bas fait baisser le milieu de la planche, qui se hausse ensuite aussitôt que la force accélératrice cesse d'agir, et au plus léger mouvement angulaire de bas en haut des parties du corps, produisant une force centrifuge ascendante. (Voy. *l'art. du saut.*)

Montrons maintenant 1°. que la matière élastique dans les membres de l'animal est disposée le plus favorablement pos-

sible pour que tous les effets que nous avons indiqués soient produits soit par l'intermédiaire des muscles, soit par la pesanteur; et que cette matière réunit les qualités qui peuvent faire considérer son élasticité comme parfaite; 2°. et que les muscles de ces membres ont aussi les qualités et la disposition les plus convenables pour concourir à ces effets de la manière la plus efficace.

De la matière élastique considérée dans l'animal.

Les animaux, en ce qui concerne la locomotion dont nous nous occupons exclusivement, sont principalement formés de deux substances bien distinctes; l'une (les *muscles*) extérieure, molle, composée en grande partie de fibres charnues éminemment sensibles, *est la force motrice;* l'autre (*les os*) intérieure, dure, insensible et parfaitement élastique, formant la charpente du corps, se continuant sans interruption depuis la tête jusqu'aux pieds, est l'instrument passif, sous la forme de leviers ou de ressorts dont se servent les muscles pour opérer les mouvemens (1).

---

(1) La *communication du mouvement,* suffisamment entendue des géomètres habiles, ne l'étant pas également de ceux qui ne sont point versés dans les hautes sciences, je vais tâcher d'y suppléer à ma manière.

Bien des personnes qui ne sauroient nier l'influence des muscles, de la pesanteur et de la force accélératrice, ou de la masse du corps multipliée par le carré de la vitesse, pour exciter le ressort d'os qui tous sont courbes, se touchent et s'appuient les uns sur les autres; et en même temps le ressort des autres substances élastiques des articulations, dans la flexion des jambes d'un animal qui est debout, ou qui en courant s'appuie sur ses jambes fléchies, croient néanmoins que de tels ressorts n'ont aucun résultat favorable à la locomotion; parce que l'opi-

La force centrifuge nécessaire dans les mouvemens d'extension des membres, lors de la locomotion, ne s'acquiert avec l'intensité convenable que par la vitesse. Parmi les agens que la nature emploie pour obtenir cette vitesse, celui qui

Le rétablissement des ressorts est seul capable de donner aux mouvemens le degré de vitesse convenable.

---

nion commune est que des ressorts formés au point de contact des os, soit dans les articulations, soit contre le sol par une simple pression, se détruisant mutuellement, doivent être considérés comme non avenus. Je pense le contraire, parce qu'une pression forte et subite peut avoir des effets comparables à ceux du choc, et parce que, dans les expériences qui ont été faites relativement à la communication du mouvement dans les corps élastiques, il me semble que l'on n'a pas considéré la chose sous tous les points de vue possibles, et que ce qui a échappé à l'observation est, je n'en doute pas, ce qui a empêché cette communication d'être bien conçue, et ce qui a rendu problématique les explications qu'on a données jusqu'ici des mouvemens locomoteurs. En conséquence je soutiens que les ressorts en question ne sont point perdus, et que leur rétablissement ne pouvant avoir lieu du côté de l'appui extérieur, s'opère du côté opposé ou du côté libre en faveur de l'extension. Toute ma théorie étant basée sur cette proposition, j'expose dans la présente note, par des exemples tirés de mes propres expériences, les raisons qui en établissent la vérité.

Dans chacun des corps élastiques qui se choquent, il se forme, suivant la direction du choc, deux ressorts opposés égaux. (J'appelle *ressorts* les dépressions diamétralement opposées produites dans chaque corps élastique par la collision et qui disparoissent sitôt après leur formation.) Ce sont les deux ressorts formés au point de contact, un dans chaque corps, que l'on croit détruits à cause de leur égalité et de leur opposition, et dont en conséquence on ne tient aucun compte. J'espère prouver le contraire.

La communication du mouvement est différente selon qu'elle a lieu sur des corps mous ou sur des corps doués d'une parfaite élasticité. « *L'élasticité parfaite* » *double les effets du choc par le rétablissement des ressorts que le choc comprime.* » (Expos. du Syst. du Monde, liv. III, chap. V.)

Un corps qui en choque un autre a d'abord l'inertie de celui-ci à surmonter; le *corps choqué*, à la faveur de son état d'inertie, enlève au *corps choquant* et s'approprie une quantité de mouvement dont ce dernier se trouve privé. On voit par là *que la réaction ne peut avoir lieu que pendant la durée de l'action, et doit lui être égale et contraire.* Si le corps choqué ou pressé est élastique, sa tendance

tient le premier rang est sans doute l'élasticité des os et de plusieurs autres substances analogues faisant partie de l'animal. Par leur propriété élastique, ces matières réagissant

---

continuelle vers sa première forme, après le choc ou la pression, ne fait pas partie de sa réaction; mais c'est une véritable action spontanée par laquelle il cherche, en quelque sorte, à se dépouiller de la force dont il se trouve pourvu.

Premier exemple. — Si l'on courbe un arc en appuyant une de ses extrémités contre le sol et en pesant avec la main sur l'autre, on sent une résistance dont une semblable et de même intensité s'exerce en même temps contre le point d'appui; par là deux forces égales ensemble à la pression, dont l'une supérieure et l'autre inférieure, sont produites dans l'arc; maintenant, si la pression cesse, on voit distinctement l'arc se redresser spontanément et revenir à son premier état, en suivant en sens contraire précisément le même chemin qu'on lui avoit fait prendre en le courbant; il restitue donc du côté qui devient libre, et suivant une progression croissante de bas en haut, tout le mouvement acquis par ses deux moitiés. L'inférieure ne pouvant pas se redresser du côté du point d'appui, se développe du côté d'en haut, augmentant par là la vitesse du mouvement propre de la moitié supérieure qui s'étend en même temps. Ainsi, dans ce cas, rien n'est détruit par le point d'appui; et comme l'arc se débande entièrement du côté opposé à la direction de l'action qui a été exercée sur lui, il ne se meut donc qu'en vertu de sa force de ressort seule et sans aucune addition d'impulsion étrangère à cette force.

Si, après qu'il est bandé, il est rendu tout à coup à lui-même, il se détend du côté d'en haut avec une vitesse incomparablement plus grande que celle de l'action par laquelle il a été bandé; *vitesse qui accroît la force* au point de faire dépasser à l'arc, plusieurs fois de suite, en oscillant, le point de son repos, et qui peut le faire sauter s'il est entièrement libre.

Second exemple. — On peut bander un cercle d'acier ou de baleine avec une corde *a b* (fig. 2, pl. I) qui diminue un de ses diamètres, de la même manière que le choc diminue dans une bille d'ivoire le diamètre qui est sur sa direction. Après avoir couché ce cercle sur une table de manière qu'il touche extérieurement un obstacle placé à l'une des extrémités de la corde qui le bande, si l'on coupe cette corde, le cercle se rétablit alors dans son état naturel avec un excédant de force produit par la vitesse accélérée du débandement, qui le fait glisser sur la table et éloigner de l'obstacle. L'effet est le même, si ce cercle, étant bandé, est posé de champ sur la table, de manière que la corde qui diminue un

contre les efforts prompts ou lents exercés sur elles, soit dans la flexion des jambes d'un individu qui est debout, soit dans le premier instant de l'action des extenseurs, doivent ensuite

---

de ses diamètres soit verticale; dès que l'on coupe cette corde, le cercle reprend sa première forme avec assez de vitesse pour sauter au-dessus de la table.

Dans cette expérience on voit d'abord que le cercle saute sans le secours d'aucun choc, et seulement par la force de ressort de sa moitié supérieure et de sa moitié inférieure, mise en jeu par la tension; la détente du ressort qui est du côté de l'obstacle ne pouvant avoir lieu dans ce sens, s'opère visiblement du côté opposé et dans la direction du débandement du ressort de la moitié supérieure. Toutes les forces du cercle étant ainsi dirigées du côté libre, c'est par là qu'il se rétablit dans son état de repos.

Le saut du cercle a le plus grand rapport avec celui d'un ballon plein d'air qui a lieu après la chute de ce ballon sur la terre.

Troisième exemple. — Si l'on bande avec la même corde deux cercles égaux et semblables, posés l'un à côté de l'autre et se touchant (fig. 3, pl. I), aussitôt que la corde sera coupée, les deux cercles s'éloigneront suivant des directions opposées et avec une vitesse proportionnelle à leur degré de tension. Ici, le mouvement est encore produit par le seul rétablissement des ressorts de chaque cercle, s'opérant tous les deux dans le même sens, vu que les deux cercles se tiennent lieu mutuellement d'appui extérieur.

Ces mouvemens des deux cercles se rapportent aux mouvemens des ressorts qui se forment par la pression dans les articulations des membres au point de contact des extrémités des os, et à ceux qui ont lieu dans deux billes élastiques égales en masses, qu'on fait heurter l'une contre l'autre. Ainsi, 1°. si deux billes d'ivoire égales se choquent directement en sens contraire avec des vitesses égales, il se formera dans chacune d'elles, par la compression, deux ressorts opposés égaux, dont la détente suffira pour les faire réfléchir dans la ligne suivant laquelle elles sont venues se heurter et avec à peu près la même vitesse. Puisque toute la force primitive des billes a servi à la formation des ressorts, ces billes n'ont à emprunter l'une de l'autre qu'un appui mutuel pour le débandement en arrière des ressorts des parties qui se sont choquées réciproquement. Il est évident que, dans ce cas, chaque ressort dans chaque bille est à peu près égal en force à la moitié du mouvement primitif de cette bille.

2°. Supposons deux billes élastiques égales en masse, dont l'une en repos est choquée par l'autre; ici, comme dans l'exemple précédent, les ressorts formés,

favoriser l'extension en revenant spontanément à leur premier état. Ce retour peut se faire, suivant la volonté de l'individu, avec une vitesse capable de produire le saut.

La substance élastique est séparée de la manière la plus tranchante dans les parties du corps qui sont les centres des plus grands mouvemens; ainsi la portion charnue des muscles occupe surtout le corps des os de la cuisse et de la jambe, tandis que les articulations du genou et du pied sont presque entièrement formées et entourées de matières élastiques.

La matière élastique des membres

Les extrémités inférieures portant le corps sont composées

---

un dans chaque bille au point de contact, se servent mutuellement d'appui; par conséquent les deux ressorts de chaque bille se rétablissent dans le même sens. Ainsi, dans la bille choquée, il y a le mouvement communiqué qui est égal à la moitié du mouvement de la bille choquante, plus ses deux ressorts qui se débandent l'un et l'autre dans la direction du mouvement imprimé, et dont la somme des forces est aussi égale à cette moitié; donc cette bille doit se mouvoir avec une vitesse égale à celle de la bille choquante; donc aucune partie des forces qui lui sont communiquées n'est détruite. Quant à la bille choquante, il lui reste après le choc la moitié de son mouvement en avant, qui est détruite par le mouvement égal et contraire de ses deux ressorts qui se rétablissent l'un et l'autre en arrière; donc elle demeure en repos.

3°. Si l'un des deux corps élastiques qui se choquent est immobile, il est prouvé, par les expériences de Mariotte et par ce qui précède, que la force de son ressort se joint aux forces des deux ressorts du corps choquant, et que la somme des forces de ces trois ressorts doit être égale au mouvement primitif de ce dernier corps, puisque celui-ci, par son moyen, peut être réfléchi dans la même ligne suivant laquelle il est tombé et avec la même vitesse ou à peu près.

Je crois pouvoir conclure de ces exemples qu'un changement de direction de mouvement a lieu dans un corps élastique, sphérique et bandé, dont un des ressorts touche un obstacle; ce ressort ne pouvant pas se rétablir du côté de cet obstacle pour peu qu'il résiste, n'est ni détruit ni perdu pour cela; mais sa détente s'opère du côté libre; et son effet se joint ainsi au mouvement produit par le débandement du ressort opposé dont il augmente la vitesse.

en grande partie d'os longs et très-forts, d'os spongieux et d'autres substances insensibles et élastiques. On peut dire que, dans l'homme et surtout dans les quadrupèdes très-agiles, les moyens élastiques augmentent de haut en bas et proportionnellement aux poids des parties supérieures et aux facultés locomotrices. Il entre plus de matière élastique dans la composition des jambes et surtout des pieds que dans toutes les autres régions du corps prises ensemble, et plus de facilité pour la mettre en exercice, vu que les forts muscles attachés à ces extrémités agissent sur elles conjointement avec le poids du corps entier augmenté le plus souvent des forces accélératrices qui ont lieu dans les mouvemens descendans (1).

augmente de haut en bas, et peut-être proportionnellement à l'augmentation de la pesanteur.

On voit parmi les quadrupèdes et chez quelques oiseaux coureurs des animaux d'ailleurs très-musculeux, qui ont le bas des jambes et les pieds presque entièrement composés d'os, de ligamens, de cartilages, de longs tendons et de sabots ou d'ongles de la nature de la corne; ce sont alors de vrais ressorts qui, mis en action par des muscles puissans, par le poids du corps et la force accélératrice, exercent à l'égard du tronc de l'animal la même fonction que le plancher élastique ou la corde tendue envers le sauteur de profession (2). Cette disposition et cette composition des membres

De l'élasticité des jambes de certains quadrupèdes

(1) La force de ressort étant proportionnelle à la masse de la matière élastique et au degré de tension, il s'ensuit que de forts muscles sont les plus propres à bander les substances à ressort du corps animal.

(2) Deux corps peuvent avoir des élasticités tellement différentes, qu'en agissant l'un sur l'autre, la propriété élastique ne soit développée sensiblement que dans un seul; et cependant la force de ressort mise en jeu sera la même que si elle étoit fournie en égale quantité par les deux corps. *Par exemple*, si une bille de marbre tombe sur la peau tendue d'un tambour, son élasticité propre ne pourra

procurent à ces animaux une grande vitesse de mouvement et une force centrifuge très-intense : courant avec une extrême rapidité en faisant de grands sauts, et s'appuyant dans l'un et l'autre cas sur leurs jambes en partie fléchies (ce qui accroît le moment de la puissance), et sur leurs pieds cornés par des mouvemens violens et accélérés, ils mettent nécessairement en exercice le ressort des os, des cartilages, des ligamens et des longs tendons de leurs jambes (surtout les tendons des extenseurs), et celui de la corne de leurs pieds; le bandement des os longs est quelquefois poussé si loin dans cette circonstance, qu'on a des exemples assez fréquens de leur rupture. Or, puisque ces faits ont lieu sans aucun doute, on doit admettre comme conséquence de leur existence que le rétablissement des ressorts des parties élastiques s'effectue au profit du mouvement d'extension, de même que le rétablissement d'un arc bandé s'opère en faveur de son redressement.

Circonstance où l'on doit admettre nécessairement le rétablissement des ressorts des jambes.

La matière élastique est la cause qui fait que l'on ne peut pas s'arrêter tout à coup en courant.

La matière élastique de nos membres abdominaux, par la force de restitution dont elle est susceptible, est presque la seule cause qui fait que l'on ne peut s'arrêter tout à coup en courant; car l'augmentation progressive de la vitesse dans la course que l'on a citée, ne peut avoir lieu que dans une descente; cet accroissement est impossible si la course s'ef-

---

guère être excitée par un choc de cette espèce; néanmoins, par la seule force de ressort qui se manifestera dans la peau du tambour, elle sautera aussi haut que si sa chute avoit eu lieu sur une table de marbre qui auroit excité son ressort en le partageant. Il en est de même *de la corde tendue*, elle n'est utile au funambule que parce que sa force de ressort, qui est proportionnelle à sa longueur et à son degré de tension, étant en plus, supplée à celle qui est en moins dans le danseur.

fectue sur un plan horizontal, et encore moins sur un plan ascendant.

Des os qui sont le plus exposés à la pression dans l'homme.

Dans l'homme, les os longs des membres abdominaux, les vertèbres, les os spongieux du bassin, du tarse et du métatarse sont les plus exposés à la pression : en effet, si une barre de fer posée verticalement est susceptible de se raccourcir par son propre poids et à plus forte raison par une charge étrangère, et de reprendre ensuite sa première longueur, si la pression n'a pas été trop forte ou de trop longue durée (Bibl. univ., mars 1816), nous pouvons penser raisonnablement que des os spongieux en totalité ou en partie, et *plus ou moins courbes*, sur les extrémités desquels les muscles agissent subitement de manière à les déprimer dans le sens de leur longueur, ou à les courber davantage; qui de plus, supportent la charge considérable du corps, doivent perdre un peu de leur longueur, ou accroître leurs courbures naturelles, surtout dans la course ou dans le saut, par la secousse violente et prompte qui a lieu lorsque le corps descend avec une vitesse accélérée (1).

Supposition où les effets de l'élasticité pourroient être contestés.

Ces faits pourroient être contestés, si les os de la colonne vertébrale et des membres abdominaux au lieu de se toucher immédiatement bout à bout, ou par l'intermède d'une subs-

(1) On met en doute, à cause de leur grande force, l'élasticité du fémur et du tibia, supportant dans quelques cas la masse du corps multipliée par le carré de la vitesse, et on n'hésite pas à reconnoître la compression d'une bille d'ivoire tombant sur une table de marbre, et bondissant ensuite en vertu du rétablissement des ressorts qui se sont formés dans le choc. Cependant cette bille est un corps bien autrement compacte et solide que des os longs et courbes et en partie spongieux.

tance éminemment élastique, étoient séparés entre eux par une matière dépourvue de ressort : on pourroit croire alors ou que l'élasticité de ces os n'est pas mise en jeu, ou que son effet est absorbé ; mais il n'y a rien de tout cela. Ainsi les extrémités des os couvertes de cartilages se touchant et s'appuyant les unes sur les autres, sont nécessairement comprimées par les causes et dans les cas que nous indiquons et doivent ensuite se détendre spontanément au profit de l'extension.

Les corps élastiques qui cèdent le moins sont les plus propres à nos mouvemens.

Moins un corps élastique cède, plus il est en état d'être bandé fortement. Les corps à ressort qui conviennent le mieux à nos mouvemens sont ceux qui résistent davantage sans être rigides ; attendu que, dans ce cas, l'effet est toujours proportionnel à la résistance. Les tendons, les aponévroses, les ligamens et généralement toutes les substances fibreuses, possèdent le genre d'élasticité qui produit le plus d'effet ; fixées dans les articulations, ou très-près des centres de mouvement, ces substances ne pourroient prêter beaucoup sans de graves inconvéniens.

C'est parce que les os, les cartilages, les tendons et les ligamens prêtent peu que les particules qui les composent ne quittent pas leurs points d'adhésion, qu'ils peuvent être considérés comme parfaitement élastiques ; par là seulement ils sont en état de reprendre spontanément leur première position d'équilibre après la *pression* ou la *traction* ; et par là aussi les os peuvent être à la fois des soutiens très-solides et des ressorts.

Cas où les tendons et les ligamens sont bandés.

On ne peut nier que les tendons des extenseurs ne soient bandés dans la flexion, surtout par l'effort que font ces muscles

pour redresser les membres, puisqu'il y a des exemples que les plus forts de ces tendons et même les os auxquels ils s'attachent, peuvent dans ce cas être rompus; particularité qui n'a peut-être jamais eu lieu à l'égard des fléchisseurs dans leurs fonctions ordinaires. Il y a donc de la part des tendons des extenseurs une réaction dont l'emploi n'a pas encore été indiqué.

Quant aux ligamens, ils sont certainement tiraillés dans quelques circonstances, et favorisent ensuite l'extension des membres par leur rétraction spontanée. Prenons pour exemple l'articulation fémoro-tibiale dans l'homme : on sait que les condyles du fémur étant allongés d'avant en arrière en forme d'ellipsoïde, ainsi que leurs facettes articulaires convexes, l'axe de rotation du fémur en est rendu variable; il y a un point dans le mouvement angulaire de l'os, où cet axe se trouvant le plus loin possible des facettes articulaires concaves de la tête du tibia, les ligamens latéraux de l'articulation et plusieurs autres en sont tiraillés et les faces articulaires pressées. Ce cas arrive particulièrement dans la flexion incomplète et cesse tout à coup lorsque le membre se redressant, l'axe de rotation se rapproche de la tête du tibia.

Je crois pouvoir invoquer en faveur de mon opinion, un article remarquable de M. le professeur Duméril inséré dans le bulletin de la Société philomatique de germinal an 7 (1799), dans lequel le mécanisme de l'articulation fémoro-tibiale de la cigogne est décrit, ainsi que les circonstances où certains ligamens de cette articulation étant tiraillés font l'office de ressort.

Des courbures du fémur et de celles des os de la jambe.

Les courbures du fémur et des os de la jambe, dont les concavités regardent en arrière et en dedans, sont fa-

vorables aux actions simultanées des muscles et de la pesanteur; forces qui tendent évidemment à l'augmentation de ces courbures et à la manifestation de l'élasticité, attendu, comme nous l'avons déjà dit, que leur résultante tombe hors de l'axe longitudinal des os (1).

En outre, le fémur et le tibia liés en devant par le tendon de la rotule, forment ensemble dans la flexion du genou un arc qui est bandé dans le premier instant de l'extension, et dont la détente subite, dans l'instant suivant, peut augmenter l'intensité de la force centrifuge ascendante qui a lieu dans cette circonstance.

Avantage des articulations en sens alternatif, pour accroître la force de ressort et la force centrifuge.

Les articulations en sens alternatif des talons, des genoux, des hanches et les courbures semblablement disposées de la colonne dorsale multiplient la force de ressort dans le corps humain, et accroissent les moyens de résistance à l'action des fléchisseurs combinée avec la pesanteur; en sorte que les résultats de l'extension sont beaucoup plus considérables, plus favorables à l'ascension verticale et à la force centrifuge que s'il n'y avoit aucune courbure (2).

---

(1) Je n'entends pas dire que l'augmentation de courbure dans des os très-forts soit bien sensible; mais quelque peu appréciable qu'elle soit à la vue simple, elle existe, puisque la direction des forces ne passe point par le centre de gravité de ces os; et elle doit être comptée pour ses effets qui, étant toujours proportionnels au degré de pression, peuvent être très-considérables.

(2) Plus un ressort offre de courbures en sens alternatif, plus il est en état de résister à la puissance qui pèse sur lui; parce que la longueur des bras de leviers, par lesquels cette puissance agit, est diminuée proportionnellement à la quantité des inflexions, et la force de cette puissance se trouve divisée entre un plus grand nombre de points; la détente d'un tel ressort a aussi un effet proportionnel à la force de tension et à la quantité des courbures.

Si, par exemple, la colonne vertébrale (1) et les extrémités inférieures ne présentoient pas de courbures, ou si ces parties étoient tout-à-fait droites; dans ce cas, les vertèbres et les os des membres abdominaux ne pourroient être pressés que bout à bout; conséquemment toutes leurs parties élastiques ne seroient pas alternativement tendues et relâchées, comme cela arrive dans la flexion de nos jambes lorsque nous sommes debout et soutenus par elles; tandis que, dans l'état ordinaire des choses, lorsque les articulations des jambes se fléchissent et que les courbures de la colonne dorsale augmentent, la matière élastique située du côté où l'articulation devient saillante est tendue, et celle qui est du côté rentrant est comprimée et la force de ressort s'accroît en proportion. Dans l'extension qui vient ensuite, toutes les courbures se redressent simultanément et entièrement du côté d'en haut ou du côté libre; chacune, dans ce cas, produit une force centrifuge qui lui est propre, et ces forces s'ajoutant les unes aux autres suivant une progression croissante de bas en haut, il s'ensuit que les parties supérieures, ou les plus pesantes, se mouvant et avec leurs forces particulières et avec les forces de toutes les parties subjacentes, se trouvent animées d'une force centrifuge très-intense.

Effets du redressement simultané de toutes les courbures du corps.

Il est bon de faire remarquer que le déploiement général et subit des articulations des membres et du tronc n'a lieu

(1) La colonne dorsale est pour tous les animaux un ressort alternativement tendu et relâché pendant l'exercice des mouvemens locomoteurs; elle sert à plusieurs usages; c'est la pièce fondamentale de la charpente animale; elle renferme et protège, par ses apophyses et par ses appendices qui sont les côtes, les organes les plus essentiels et les plus délicats de la vie.

que dans le saut : le tronc prend une part moins active aux autres mouvemens progressifs.

De la matière spongieuse aux extrémités renflées des os et de l'usage des sucs médullaires et de la moelle.

Il est évident, selon nous, que l'accumulation de la matière spongieuse aux extrémités renflées des os longs des membres et dans l'intérieur du corps de ces mêmes os, a pour but, outre ces usages reconnus, d'augmenter à proportion de son volume la propriété élastique dans les articulations et de donner à ces os le moyen de supporter une pression même forte et une légère courbure.

Le tissu peu serré et sensiblement flexible de la matière spongieuse ; les cellules de ce tissu qui communiquent entre elles et permettent ainsi aux sucs médullaires qui les remplissent de passer des unes dans les autres ; l'élasticité et la compacité du cartilage qui enveloppe cette matière aux extrémités articulaires des os, sont autant de preuves en faveur de ce que nous avançons ; savoir, que les os sont destinés à être pressés par leurs extrémités et même courbés légèrement, sans laisser échapper les sucs qu'ils renferment ; qu'ils doivent se prêter facilement à cette action et, lorsqu'elle n'est pas trop prolongée, ni poussée trop loin, reprendre aussitôt qu'elle cesse leur longueur ou leur volume ordinaire.

Expérience faite sur un tube vide et sur un autre tube semblable plein de liquide.

Un tube vide, d'après des expériences que j'ai faites, s'affaissant ou se rompant plus facilement qu'un tube semblable plein d'un liquide quelconque ; il s'ensuit que la moelle qui est une substance légère, demi-consistante et toujours dilatée par la chaleur du corps, diminue la pesanteur des os, et qu'elle peut, vu son incompressibilité, suppléer au plein et empêcher, jusqu'à un certain point, la dépression des tubes qui la contiennent.

C'est sans doute la diminution de cette substance dans les os des vieillards, où sa condensation par défaut de chaleur, laissant, dans l'un et l'autre cas, des vides dans l'intérieur des os, jointes au durcissement de la matière spongieuse et aux autres causes déjà connues qui, privant ces os de leur soutien naturel et d'une partie de leur élasticité, les rendent si cassans. **Cause présumée de la fragilité des os dans les vieillards.**

Mais, par quel moyen la moelle pourroit-elle être refoulée de manière à raffermir les os et à rendre leur élasticité plus parfaite et utile à la locomotion, si la partie spongieuse et couverte de cartilage de ces os, supposée incompressible, ne pouvoit en conséquence être comprimée, soit par l'action musculaire, soit par le poids des parties uni à la force accélératrice?

Les oiseaux ayant encore plus besoin de légèreté et d'élasticité que les autres vertébrés, la moelle chez eux paroît remplacée par l'air chaud chargé des vapeurs intérieures qui est refoulé avec dégagement de calorique, lors de l'élévation des ailes, jusque dans les sinus de leurs os et de leurs pennes. **De l'un des usages de l'air intérieur dans les os des oiseaux.**

Borelli et tous les physiologistes après lui, parlent de nos mouvemens comme si les muscles agissoient sur des corps sans ressort. Le premier surtout qui a souvent comparé nos membres à des arcs, n'a cependant tenu aucun compte de l'élasticité dans l'explication des mouvemens progressifs; en cela il n'a point imité la nature qui a introduit à dessein la force de ressort dans toutes les parties des êtres vivans que nous connoissons, depuis la plante la plus simple jusqu'à l'homme; sans cette propriété en effet, rien ne résisteroit aux chocs et aux secousses: les végétaux, par exemple, courbés par les vents seroient **Borelli n'a fait aucune application de la force élastique animale.**

Tous les solides des êtres vivans sont élastiques.

ou brisés ou ne se releveroient plus après avoir été pliés (1). Les corps que la nature a faits sans élasticité, si toutefois il en existe, sont mous ou tout-à-fait liquides; mais tous les solides des êtres qui vivent sont élastiques sans exception, ce qui rend ces solides propres à céder, jusqu'à un certain point, aux efforts exercés sur eux, et à reprendre spontanément leur première forme dès que les efforts cessent.

La disposition des muscles est la plus favorable que l'on puisse imaginer pour exciter le ressort des substances élastiques.

Cet homme célèbre, plus géomètre que physicien, n'a vu dans les os des membres que des leviers, et dans les muscles que des agens pour mouvoir ces leviers à la manière ordinaire. Cette opinion exclusive l'a égaré, car il est évident que les os sont aussi des ressorts, et la disposition des muscles est aussi favorable pour agir sur ces os considérés comme ressorts, que comme ayant qualité de leviers. Effectivement, pour mouvoir un levier, on n'agit pas ordinairement sur lui suivant une direction parallèle à sa longueur, car, par là, on ne feroit que presser l'une de ses extrémités contre son point d'appui (2);

(1) Je suis persuadé que les vents sont utiles à la circulation de la sève dans les végétaux par le mouvement que seuls ils peuvent imprimer au plus grand nombre des plantes; et que les feuilles, outre leur utilité connue, servent encore à donner prise aux vents.

(2) Lorsqu'on élève le bras ou la cuisse, les muscles situés du côté où se fait le mouvement, en se raccourcissant, ne font autre chose que de presser la tête de l'humérus ou celle du fémur dans leurs cavités articulaires; et comme l'action musculaire n'a lieu que d'un seul côté, et n'est point balancée par celle des muscles du côté opposé, il faut nécessairement que l'os s'élève; ce qui a lieu avec autant de facilité que si les muscles, pour opérer ce mouvement, agissoient suivant une direction perpendiculaire à la longueur de l'os; et en effet, pour élever l'os de cette dernière sorte et le mouvoir dans sa charnière, il faudroit également qu'il fût retenu autour de son axe de rotation; fonctions que des ligamens ne pourroient seuls remplir; de plus, la force de ressort de l'os ne

de plus, s'il étoit courbe l'action exercée sur lui tendroit à l'arquer davantage : c'est là précisément la manière d'agir des principaux muscles de nos membres à l'égard des os de ces membres qui tous, comme nous l'avons déjà dit, sont plus ou moins courbes.

D'autres physiologistes croient que les os longs, à l'exception du péroné, des côtes, etc., sont inflexibles ; et par-là même de meilleurs leviers ; je réponds d'abord qu'un levier sans ressort est une pure abstraction ; en second lieu, que l'on ne connoît de corps sans élasticité que ceux qui sont parfaitement mous : or, les os se touchant tous par leurs extrémités et servant de charpente au corps qui est une machine très-mobile, ne doivent être ni mous, ni trop durs ; dans le premier cas, le corps ne pourroit pas conserver ses formes ; et dans le second, les mouvemens seroient rudes et les os courroient le risque d'être brisés ; il est donc de nécessité qu'ils cèdent un peu sans danger de rompre, et de manière à pouvoir se rétablir promptement et parfaitement, si l'action exercée sur eux n'est ni trop forte ni trop prolongée, et afin de rendre les mouvemens plus doux.

Les physiologistes de nos jours n'ont point considéré la force de ressort des substances élastiques des membres comme propre à favoriser les mouvemens progressifs.

Il faut de plus, qu'ils soient parfaitement élastiques ; car s'ils n'avoient que l'élasticité des corps bruts, la répétition fréquente des mêmes circonstances affoibliroit leur ressort et la machine se détraqueroit. En conséquence, je considère

pourroit être mise en jeu en faveur de l'extension, parce que la résultante des forces des muscles étant aussi perpendiculaire à l'axe longitudinal des os, ces derniers ne seroient point pressés par leurs extrémités ; ce seroit donc un grand inconvénient à ajouter à ce genre de direction de la force musculaire. En procédant ainsi, la nature, dans l'exécution de son œuvre la plus parfaite, n'auroit pas suivi la loi la plus simple.

les os des membres abdominaux et pectoraux, les os du bassin et de la colonne vertébrale à la fois *comme soutiens*, *comme leviers* et *comme ressorts*, et il est clair qu'ils exercent souvent en même temps ces trois sortes de fonctions.

Le fémur et le tibia sont élastiques.

Toute la différence entre le fémur, le tibia, etc., et le péroné, les côtes, etc., c'est que ceux-ci étant plus minces, plus souples et plus courbes, leur force de ressort en est mieux aperçue. Si les plus forts os des membres étoient inflexibles ou incompressibles, ils seroient donc les seules substances dures de la nature qui n'auroient aucune espèce d'élasticité, ou dont l'élasticité ne seroit d'aucun usage; l'objection ne peut être sérieuse; car si des os longs, composés de gélatine et de matière calcaire, qui tous sont plus ou moins courbes, dont une grande partie est spongieuse, couverte de cartilages et de substances fibreuses qui supportent l'action des muscles, la charge du corps et l'augmentation de pesanteur due aux mouvemens accélérés; si, dis-je, de tels os étoient incompressibles et si leur courbure naturelle ne pouvoit pas être augmentée par la pression exercée à leur extrémité, (pression souvent très-forte, surtout au commencement de l'extension, et dont la direction passe plus ou moins loin de leur centre de gravité, ou du milieu de leur axe longitudinal), ce seroit certainement un prodige.

Il y auroit contradiction dans les œuvres de la nature, si la matière élastique dont nos membres sont pourvus avec abondance n'étoit d'aucun usage.

En effet, la nature ayant pourvu abondamment les extrémités inférieures des membres locomoteurs de matières élastiques et d'agens puissans et parfaitement disposés pour exciter le ressort de cette matière; si elle n'en tiroit ensuite aucun parti, il y auroit contradiction dans ses œuvres (1).

(1) Peut-on mettre en doute, 1°. que les sauts considérables produits dans

Mais une preuve que le fémur et le tibia doivent céder un peu dans les mouvemens ordinaires, c'est qu'ils sont souvent cassés, lorsque leur courbure naturelle est portée, par des chutes ou d'autres secousses violentes, au-delà du point passé lequel l'adhésion cesse entre leurs molécules.

Preuve de l'élasticité des plus forts os de nos membres.

La chose seroit un peu différente, si ces os étoient parfaitement droits; la direction de la pression s'identifiant alors avec leur axe longitudinal, leurs extrémités seules seroient déprimées; mais on sent aussi que, dans ce cas, où le corps des os ne pourroit exercer aucune fonction de ressort propre à adoucir les mouvemens, les secousses seroient bien plus sensibles et plus funestes à l'organisation.

La force de ressort accélère les mouvemens et les rend plus doux.

Ainsi, nous regardons comme certain que plus il y a de matière élastique favorablement disposée dans le corps animal et de puissance dans les muscles pour la mettre en exercice, plus les mouvemens sont prompts, étendus et doux en même temps; car l'intention de la nature, en mouvant circulairement de bas en haut les diverses parties des jambes, étant évidemment de produire une grande force centrifuge ascendante, il n'y avoit pas de moyens plus convenables pour atteindre ce but, que l'emploi d'une substance qui, lorsqu'elle est parfaite, peut restituer toute la force qui a été employée contre elle et avec une vitesse propre à accroître considérablement cette force.

certaines maladies convulsives très-violentes, ne soient en grande partie occasionnés par le débandement des parties élastiques des articulations, préalablement tendues outre mesure; 2°. que le saut du ver du fromage ne soit dû à la faculté qu'a cet animal de bander son corps comme un ressort; 3°. le saut de certains serpens et celui des poissons ne doit-il pas être attribué à la même faculté.

les os des membres abdominaux et pectoraux, les os du bassin et de la colonne vertébrale à la fois *comme soutiens*, *comme leviers* et *comme ressorts*, et il est clair qu'ils exercent souvent en même temps ces trois sortes de fonctions.

Le fémur et le tibia sont élastiques.

Toute la différence entre le fémur, le tibia, etc., et le péroné, les côtes, etc., c'est que ceux-ci étant plus minces, plus souples et plus courbes, leur force de ressort en est mieux aperçue. Si les plus forts os des membres étoient inflexibles ou incompressibles, ils seroient donc les seules substances dures de la nature qui n'auroient aucune espèce d'élasticité, ou dont l'élasticité ne seroit d'aucun usage; l'objection ne peut être sérieuse; car si des os longs, composés de gélatine et de matière calcaire, qui tous sont plus ou moins courbes, dont une grande partie est spongieuse, couverte de cartilages et de substances fibreuses qui supportent l'action des muscles, la charge du corps et l'augmentation de pesanteur due aux mouvemens accélérés; si, dis-je, de tels os étoient incompressibles et si leur courbure naturelle ne pouvoit pas être augmentée par la pression exercée à leur extrémité, (pression souvent très-forte, surtout au commencement de l'extension, et dont la direction passe plus ou moins loin de leur centre de gravité, ou du milieu de leur axe longitudinal), ce seroit certainement un prodige.

Il y auroit contradiction dans les œuvres de la nature, si la matière élastique dont nos membres sont pourvus avec abondance n'étoit d'aucun usage.

En effet, la nature ayant pourvu abondamment les extrémités inférieures des membres locomoteurs de matières élastiques et d'agens puissans et parfaitement disposés pour exciter le ressort de cette matière; si elle n'en tiroit ensuite aucun parti, il y auroit contradiction dans ses œuvres (1).

(1) Peut-on mettre en doute, 1°. que les sauts considérables produits dans

Mais une preuve que le fémur et le tibia doivent céder un peu dans les mouvemens ordinaires, c'est qu'ils sont souvent cassés, lorsque leur courbure naturelle est portée, par des chutes ou d'autres secousses violentes, au-delà du point passé lequel l'adhésion cesse entre leurs molécules.

Preuve de l'élasticité des plus forts os de nos membres.

La chose seroit un peu différente, si ces os étoient parfaitement droits ; la direction de la pression s'identifiant alors avec leur axe longitudinal, leurs extrémités seules seroient déprimées ; mais on sent aussi que, dans ce cas, où le corps des os ne pourroit exercer aucune fonction de ressort propre à adoucir les mouvemens, les secousses seroient bien plus sensibles et plus funestes à l'organisation.

Ainsi, nous regardons comme certain que plus il y a de matière élastique favorablement disposée dans le corps animal et de puissance dans les muscles pour la mettre en exercice, plus les mouvemens sont prompts, étendus et doux en même temps ; car l'intention de la nature, en mouvant circulairement de bas en haut les diverses parties des jambes, étant évidemment de produire une grande force centrifuge ascendante, il n'y avoit pas de moyens plus convenables pour atteindre ce but, que l'emploi d'une substance qui, lorsqu'elle est parfaite, peut restituer toute la force qui a été employée contre elle et avec une vitesse propre à accroître considérablement cette force.

La force de ressort accélère les mouvemens et les rend plus doux.

---

certaines maladies convulsives très-violentes, ne soient en grande partie occasionnés par le débandement des parties élastiques des articulations, préalablement tendues outre mesure ; 2°. que le saut du ver du fromage ne soit dû à la faculté qu'a cet animal de bander son corps comme un ressort ; 3°. le saut de certains serpens et celui des poissons ne doit-il pas être attribué à la même faculté.

les os des membres abdominaux et pectoraux, les os du bassin et de la colonne vertébrale à la fois *comme soutiens*, *comme leviers* et *comme ressorts*, et il est clair qu'ils exercent souvent en même temps ces trois sortes de fonctions.

Le fémur et le tibia sont élastiques.

Toute la différence entre le fémur, le tibia, etc., et le péroné, les côtes, etc., c'est que ceux-ci étant plus minces, plus souples et plus courbes, leur force de ressort en est mieux aperçue. Si les plus forts os des membres étoient inflexibles ou incompressibles, ils seroient donc les seules substances dures de la nature qui n'auroient aucune espèce d'élasticité, ou dont l'élasticité ne seroit d'aucun usage; l'objection ne peut être sérieuse; car si des os longs, composés de gélatine et de matière calcaire, qui tous sont plus ou moins courbes, dont une grande partie est spongieuse, couverte de cartilages et de substances fibreuses qui supportent l'action des muscles, la charge du corps et l'augmentation de pesanteur due aux mouvemens accélérés; si, dis-je, de tels os étoient incompressibles et si leur courbure naturelle ne pouvoit pas être augmentée par la pression exercée à leur extrémité, (pression souvent très-forte, surtout au commencement de l'extension, et dont la direction passe plus ou moins loin de leur centre de gravité, ou du milieu de leur axe longitudinal), ce seroit certainement un prodige. En effet, la nature ayant pourvu abondamment les extrémités inférieures des membres locomoteurs de matières élastiques et d'agens puissans et parfaitement disposés pour exciter le ressort de cette matière; si elle n'en tiroit ensuite aucun parti, il y auroit contradiction dans ses œuvres (1).

Il y auroit contradiction dans les œuvres de la nature, si la matière élastique dont nos membres sont pourvus avec abondance n'étoit d'aucun usage.

(1) Peut-on mettre en doute, 1°. que les sauts considérables produits dans

Mais une preuve que le fémur et le tibia doivent céder un peu dans les mouvemens ordinaires, c'est qu'ils sont souvent cassés, lorsque leur courbure naturelle est portée, par des chutes ou d'autres secousses violentes, au-delà du point passé lequel l'adhésion cesse entre leurs molécules.

Preuve de l'élasticité des plus forts os de nos membres.

La chose seroit un peu différente, si ces os étoient parfaitement droits; la direction de la pression s'identifiant alors avec leur axe longitudinal, leurs extrémités seules seroient déprimées; mais on sent aussi que, dans ce cas, où le corps des os ne pourroit exercer aucune fonction de ressort propre à adoucir les mouvemens, les secousses seroient bien plus sensibles et plus funestes à l'organisation.

Ainsi, nous regardons comme certain que plus il y a de matière élastique favorablement disposée dans le corps animal et de puissance dans les muscles pour la mettre en exercice, plus les mouvemens sont prompts, étendus et doux en même temps; car l'intention de la nature, en mouvant circulairement de bas en haut les diverses parties des jambes, étant évidemment de produire une grande force centrifuge ascendante, il n'y avoit pas de moyens plus convenables pour atteindre ce but, que l'emploi d'une substance qui, lorsqu'elle est parfaite, peut restituer toute la force qui a été employée contre elle et avec une vitesse propre à accroître considérablement cette force.

La force de ressort accélère les mouvemens et les rend plus doux.

certaines maladies convulsives très-violentes, ne soient en grande partie occasionnés par le débandement des parties élastiques des articulations, préalablement tendues outre mesure; 2°. que le saut du ver du fromage ne soit dû à la faculté qu'a cet animal de bander son corps comme un ressort; 3°. le saut de certains serpens et celui des poissons ne doit-il pas être attribué à la même faculté.

les os des membres abdominaux et pectoraux, les os du bassin et de la colonne vertébrale à la fois *comme soutiens*, *comme leviers* et *comme ressorts*, et il est clair qu'ils exercent souvent en même temps ces trois sortes de fonctions.

Le fémur et le tibia sont élastiques.

Toute la différence entre le fémur, le tibia, etc., et le péroné, les côtes, etc., c'est que ceux-ci étant plus minces, plus souples et plus courbes, leur force de ressort en est mieux aperçue. Si les plus forts os des membres étoient inflexibles ou incompressibles, ils seroient donc les seules substances dures de la nature qui n'auroient aucune espèce d'élasticité, ou dont l'élasticité ne seroit d'aucun usage; l'objection ne peut être sérieuse; car si des os longs, composés de gélatine et de matière calcaire, qui tous sont plus ou moins courbes, dont une grande partie est spongieuse, couverte de cartilages et de substances fibreuses qui supportent l'action des muscles, la charge du corps et l'augmentation de pesanteur due aux mouvemens accélérés; si, dis-je, de tels os étoient incompressibles et si leur courbure naturelle ne pouvoit pas être augmentée par la pression exercée à leur extrémité, (pression souvent très-forte, surtout au commencement de l'extension, et dont la direction passe plus ou moins loin de leur centre de gravité, ou du milieu de leur axe longitudinal), ce seroit certainement un prodige. En effet, la nature ayant pourvu abondamment les extrémités inférieures des membres locomoteurs de matières élastiques et d'agens puissans et parfaitement disposés pour exciter le ressort de cette matière; si elle n'en tiroit ensuite aucun parti, il y auroit contradiction dans ses œuvres (1).

Il y auroit contradiction dans les œuvres de la nature, si la matière élastique dont nos membres sont pourvus avec abondance n'étoit d'aucun usage.

(1) Peut-on mettre en doute, 1°. que les sauts considérables produits dans

Mais une preuve que le fémur et le tibia doivent céder un peu dans les mouvemens ordinaires, c'est qu'ils sont souvent cassés, lorsque leur courbure naturelle est portée, par des chutes ou d'autres secousses violentes, au-delà du point passé lequel l'adhésion cesse entre leurs molécules. Preuve de l'élasticité des plus forts os de nos membres.

La chose seroit un peu différente, si ces os étoient parfaitement droits; la direction de la pression s'identifiant alors avec leur axe longitudinal, leurs extrémités seules seroient déprimées; mais on sent aussi que, dans ce cas, où le corps des os ne pourroit exercer aucune fonction de ressort propre à adoucir les mouvemens, les secousses seroient bien plus sensibles et plus funestes à l'organisation.

Ainsi, nous regardons comme certain que plus il y a de matière élastique favorablement disposée dans le corps animal et de puissance dans les muscles pour la mettre en exercice, plus les mouvemens sont prompts, étendus et doux en même temps; car l'intention de la nature, en mouvant circulairement de bas en haut les diverses parties des jambes, étant évidemment de produire une grande force centrifuge ascendante, il n'y avoit pas de moyens plus convenables pour atteindre ce but, que l'emploi d'une substance qui, lorsqu'elle est parfaite, peut restituer toute la force qui a été employée contre elle et avec une vitesse propre à accroître considérablement cette force. La force de ressort accélère les mouvemens et les rend plus doux.

certaines maladies convulsives très-violentes, ne soient en grande partie occasionnés par le débandement des parties élastiques des articulations, préalablement tendues outre mesure; 2°. que le saut du ver du fromage ne soit dû à la faculté qu'a cet animal de bander son corps comme un ressort; 3°. le saut de certains serpens et celui des poissons ne doit-il pas être attribué à la même faculté.

les os des membres abdominaux et pectoraux, les os du bassin et de la colonne vertébrale à la fois *comme soutiens*, *comme leviers* et *comme ressorts*, et il est clair qu'ils exercent souvent en même temps ces trois sortes de fonctions.

Le fémur et le tibia sont élastiques.

Toute la différence entre le fémur, le tibia, etc., et le péroné, les côtes, etc., c'est que ceux-ci étant plus minces, plus souples et plus courbes, leur force de ressort en est mieux aperçue. Si les plus forts os des membres étoient inflexibles ou incompressibles, ils seroient donc les seules substances dures de la nature qui n'auroient aucune espèce d'élasticité, ou dont l'élasticité ne seroit d'aucun usage; l'objection ne peut être sérieuse; car si des os longs, composés de gélatine et de matière calcaire, qui tous sont plus ou moins courbes, dont une grande partie est spongieuse, couverte de cartilages et de substances fibreuses qui supportent l'action des muscles, la charge du corps et l'augmentation de pesanteur due aux mouvemens accélérés; si, dis-je, de tels os étoient incompressibles et si leur courbure naturelle ne pouvoit pas être augmentée par la pression exercée à leur extrémité, (pression souvent très-forte, surtout au commencement de l'extension, et dont la direction passe plus ou moins loin de leur centre de gravité, ou du milieu de leur axe longitudinal), ce seroit certainement un prodige.

Il y auroit contradiction dans les œuvres de la nature, si la matière élastique dont nos membres sont pourvus avec abondance n'étoit d'aucun usage.

En effet, la nature ayant pourvu abondamment les extrémités inférieures des membres locomoteurs de matières élastiques et d'agens puissans et parfaitement disposés pour exciter le ressort de cette matière; si elle n'en tiroit ensuite aucun parti, il y auroit contradiction dans ses œuvres (1).

(1) Peut-on mettre en doute, 1°. que les sauts considérables produits dans

Mais une preuve que le fémur et le tibia doivent céder un peu dans les mouvemens ordinaires, c'est qu'ils sont souvent cassés, lorsque leur courbure naturelle est portée, par des chutes ou d'autres secousses violentes, au-delà du point passé lequel l'adhésion cesse entre leurs molécules. Preuve de l'élasticité des plus forts os de nos membres.

La chose seroit un peu différente, si ces os étoient parfaitement droits ; la direction de la pression s'identifiant alors avec leur axe longitudinal, leurs extrémités seules seroient déprimées ; mais on sent aussi que, dans ce cas, où le corps des os ne pourroit exercer aucune fonction de ressort propre à adoucir les mouvemens, les secousses seroient bien plus sensibles et plus funestes à l'organisation.

Ainsi, nous regardons comme certain que plus il y a de matière élastique favorablement disposée dans le corps animal et de puissance dans les muscles pour la mettre en exercice, plus les mouvemens sont prompts, étendus et doux en même temps ; car l'intention de la nature, en mouvant circulairement de bas en haut les diverses parties des jambes, étant évidemment de produire une grande force centrifuge ascendante, il n'y avoit pas de moyens plus convenables pour atteindre ce but, que l'emploi d'une substance qui, lorsqu'elle est parfaite, peut restituer toute la force qui a été employée contre elle et avec une vitesse propre à accroître considérablement cette force. La force de ressort accélère les mouvemens et les rend plus doux.

certaines maladies convulsives très-violentes, ne soient en grande partie occasionnés par le débandement des parties élastiques des articulations, préalablement tendues outre mesure ; 2°. que le saut du ver du fromage ne soit dû à la faculté qu'a cet animal de bander son corps comme un ressort ; 3°. le saut de certains serpens et celui des poissons ne doit-il pas être attribué à la même faculté.

les os des membres abdominaux et pectoraux, les os du bassin et de la colonne vertébrale à la fois *comme soutiens*, *comme leviers* et *comme ressorts*, et il est clair qu'ils exercent souvent en même temps ces trois sortes de fonctions.

Le fémur et le tibia sont élastiques.

Toute la différence entre le fémur, le tibia, etc., et le péroné, les côtes, etc., c'est que ceux-ci étant plus minces, plus souples et plus courbes, leur force de ressort en est mieux aperçue. Si les plus forts os des membres étoient inflexibles ou incompressibles, ils seroient donc les seules substances dures de la nature qui n'auroient aucune espèce d'élasticité, ou dont l'élasticité ne seroit d'aucun usage; l'objection ne peut être sérieuse; car si des os longs, composés de gélatine et de matière calcaire, qui tous sont plus ou moins courbes, dont une grande partie est spongieuse, couverte de cartilages et de substances fibreuses qui supportent l'action des muscles, la charge du corps et l'augmentation de pesanteur due aux mouvemens accélérés; si, dis-je, de tels os étoient incompressibles et si leur courbure naturelle ne pouvoit pas être augmentée par la pression exercée à leur extrémité, (pression souvent très-forte, surtout au commencement de l'extension, et dont la direction passe plus ou moins loin de leur centre de gravité, ou du milieu de leur axe longitudinal), ce seroit certainement un prodige.

Il y auroit contradiction dans les œuvres de la nature, si la matière élastique dont nos membres sont pourvus avec abondance n'étoit d'aucun usage.

En effet, la nature ayant pourvu abondamment les extrémités inférieures des membres locomoteurs de matières élastiques et d'agens puissans et parfaitement disposés pour exciter le ressort de cette matière; si elle n'en tiroit ensuite aucun parti, il y auroit contradiction dans ses œuvres (1).

(1) Peut-on mettre en doute, 1°. que les sauts considérables produits dans

Mais une preuve que le fémur et le tibia doivent céder un peu dans les mouvemens ordinaires, c'est qu'ils sont souvent cassés, lorsque leur courbure naturelle est portée, par des chutes ou d'autres secousses violentes, au-delà du point passé lequel l'adhésion cesse entre leurs molécules.

Preuve de l'élasticité des plus forts os de nos membres.

La chose seroit un peu différente, si ces os étoient parfaitement droits; la direction de la pression s'identifiant alors avec leur axe longitudinal, leurs extrémités seules seroient déprimées; mais on sent aussi que, dans ce cas, où le corps des os ne pourroit exercer aucune fonction de ressort propre à adoucir les mouvemens, les secousses seroient bien plus sensibles et plus funestes à l'organisation.

Ainsi, nous regardons comme certain que plus il y a de matière élastique favorablement disposée dans le corps animal et de puissance dans les muscles pour la mettre en exercice, plus les mouvemens sont prompts, étendus et doux en même temps; car l'intention de la nature, en mouvant circulairement de bas en haut les diverses parties des jambes, étant évidemment de produire une grande force centrifuge ascendante, il n'y avoit pas de moyens plus convenables pour atteindre ce but, que l'emploi d'une substance qui, lorsqu'elle est parfaite, peut restituer toute la force qui a été employée contre elle et avec une vitesse propre à accroître considérablement cette force.

La force de ressort accélère les mouvemens et les rend plus doux.

---

certaines maladies convulsives très-violentes, ne soient en grande partie occasionnés par le débandement des parties élastiques des articulations, préalablement tendues outre mesure; 2°. que le saut du ver du fromage ne soit dû à la faculté qu'a cet animal de bander son corps comme un ressort; 3°. le saut de certains serpens et celui des poissons ne doit-il pas être attribué à la même faculté.

les os des membres abdominaux et pectoraux, les os du bassin et de la colonne vertébrale à la fois *comme soutiens*, *comme leviers* et *comme ressorts*, et il est clair qu'ils exercent souvent en même temps ces trois sortes de fonctions.

Le fémur et le tibia sont élastiques.

Toute la différence entre le fémur, le tibia, etc., et le péroné, les côtes, etc., c'est que ceux-ci étant plus minces, plus souples et plus courbes, leur force de ressort en est mieux aperçue. Si les plus forts os des membres étoient inflexibles ou incompressibles, ils seroient donc les seules substances dures de la nature qui n'auroient aucune espèce d'élasticité, ou dont l'élasticité ne seroit d'aucun usage; l'objection ne peut être sérieuse; car si des os longs, composés de gélatine et de matière calcaire, qui tous sont plus ou moins courbes, dont une grande partie est spongieuse, couverte de cartilages et de substances fibreuses qui supportent l'action des muscles, la charge du corps et l'augmentation de pesanteur due aux mouvemens accélérés; si, dis-je, de tels os étoient incompressibles et si leur courbure naturelle ne pouvoit pas être augmentée par la pression exercée à leur extrémité, (pression souvent très-forte, surtout au commencement de l'extension, et dont la direction passe plus ou moins loin de leur centre de gravité, ou du milieu de leur axe longitudinal), ce seroit certainement un prodige. En effet, la nature ayant pourvu abondamment les extrémités inférieures des membres locomoteurs de matières élastiques et d'agens puissans et parfaitement disposés pour exciter le ressort de cette matière; si elle n'en tiroit ensuite aucun parti, il y auroit contradiction dans ses œuvres (1).

Il y auroit contradiction dans les œuvres de la nature, si la matière élastique dont nos membres sont pourvus avec abondance n'étoit d'aucun usage.

(1) Peut-on mettre en doute, 1°. que les sauts considérables produits dans

Preuve de l'élasticité des plus forts os de nos membres.

Mais une preuve que le fémur et le tibia doivent céder un peu dans les mouvemens ordinaires, c'est qu'ils sont souvent cassés, lorsque leur courbure naturelle est portée, par des chutes ou d'autres secousses violentes, au-delà du point passé lequel l'adhésion cesse entre leurs molécules.

La chose seroit un peu différente, si ces os étoient parfaitement droits ; la direction de la pression s'identifiant alors avec leur axe longitudinal, leurs extrémités seules seroient déprimées ; mais on sent aussi que, dans ce cas, où le corps des os ne pourroit exercer aucune fonction de ressort propre à adoucir les mouvemens, les secousses seroient bien plus sensibles et plus funestes à l'organisation.

La force de ressort accélère les mouvemens et les rend plus doux.

Ainsi, nous regardons comme certain que plus il y a de matière élastique favorablement disposée dans le corps animal et de puissance dans les muscles pour la mettre en exercice, plus les mouvemens sont prompts, étendus et doux en même temps ; car l'intention de la nature, en mouvant circulairement de bas en haut les diverses parties des jambes, étant évidemment de produire une grande force centrifuge ascendante, il n'y avoit pas de moyens plus convenables pour atteindre ce but, que l'emploi d'une substance qui, lorsqu'elle est parfaite, peut restituer toute la force qui a été employée contre elle et avec une vitesse propre à accroître considérablement cette force.

---

certaines maladies convulsives très-violentes, ne soient en grande partie occasionnés par le débandement des parties élastiques des articulations, préalablement tendues outre mesure ; 2°. que le saut du ver du fromage ne soit dû à la faculté qu'a cet animal de bander son corps comme un ressort ; 3°. le saut de certains serpens et celui des poissons ne doit-il pas être attribué à la même faculté.

Des muscles de nos membres, de leur disposition et de leurs fonctions.

Cause, suivant Bichat, qui rend les muscles extenseurs plus foibles que les fléchisseurs.

Les muscles extenseurs sont généralement plus foibles que les fléchisseurs leurs antagonistes; parce que, suivant Bichat, il entre dans la composition des premiers plus de matière tendineuse à proportion que dans les seconds. Ne seroit-ce point parce que les extenseurs sont sujets à être tiraillés dans la flexion des membres et à se tendre fortement pour opérer ensuite l'extension, qu'ils tiennent davantage des forces physiques dérivant de l'élasticité, et qu'ils paroissent avoir reçu moins de nerfs et de vaisseaux sanguins que les fléchisseurs?

Les muscles de nos membres ont reçu l'organisation et l'arrangement les plus convenables pour bien remplir leurs fonctions, dont la principale est de faire naître la force de ressort qui s'interpose dans tous nos mouvemens.

La disposition des muscles des membres est la plus convenable pour presser les os de ces membres par leurs extrémités, et poursuivre facilement tous les mouvemens de l'os qu'ils couvrent.

Devant augmenter plus ou moins les courbures naturelles des os longs des membres qu'ils recouvrent, et presser leurs extrémités spongieuses les unes contre les autres, il étoit nécessaire que la direction de ces muscles fût à peu près parallèle à ces os; toute autre direction formant un angle trop ouvert avec la longueur des os, n'auroit pu convenir aussi bien, vu que, dans ce cas, la résultante des forces de ces muscles auroit été moindre que la somme totale de leurs forces particulières: aussi, bien loin de s'écarter de l'os auquel ils appartiennent, ils s'en rapprochent au contraire du côté d'en bas, où ils prennent leurs points fixes dans leurs prin-

cipales fonctions. Ils devoient être longs, afin d'avoir une plus grande étendue de contraction et plus de force par le grand nombre de fibres qui entrent dans leur composition comme muscles penniformes; et, en second lieu, afin d'atteindre à la plus grande hauteur des os qu'ils entourent.

Les muscles de nos membres appartiennent spécialement à l'os qu'ils entourent.

Attachés en bas à l'os contigu et dans le voisinage de l'articulation et en haut plus ou moins près de l'extrémité supérieure de l'os auquel ils appartiennent spécialement, et dont ils revêtent la surface avec leur partie charnue, ces muscles sont par-là en mesure de suivre sans inconvénient le mouvement angulaire de ce dernier os, et d'accompagner son extrémité supérieure, quels que soient la mobilité de cette extrémité et son éloignement du centre de mouvement.

Plusieurs muscles des membres montent même plus haut que l'os qu'ils environnent.

Plusieurs de ces muscles montent même plus haut que l'os qu'ils environnent auquel ils appartiennent et que néanmoins ils touchent à peine. C'est ainsi que dans les muscles de la cuisse, plusieurs fléchisseurs attachés en bas à la partie supérieure des os de la jambe s'insèrent en haut à l'ischion, et que le droit antérieur, fixé au devant de la tête du tibia, vient s'insérer à l'épine antérieure et inférieure de l'os des îles; afin que, par l'intermédiaire de l'ileon posé transversalement sur la tête du fémur, aucune partie de l'os de la cuisse ne soit soustraite à l'action de ces muscles, que ses deux extrémités spongieuses et convexes soient comprimées, et que les diverses courbures de son corps puissent être augmentées.

Les muscles de nos membres abdominaux produisent des mouvemens généraux en agissant sur les os qu'ils revêtent.

Les muscles de nos membres abdominaux qui presque tous sont longs, produisent des mouvemens généraux en agissant sur les os qu'ils revêtent et seulement des mouvemens partiels, en opérant sur les os qu'ils ne touchent que par l'ex-

Et des mouvemens partiels en opérant sur les os qu'ils ne touchent que par l'extrémité de leur tendon inférieur.

trémité de leur tendon inférieur. Ainsi, ils meuvent les parties supérieures de ces membres, et avec elles le tronc du corps, par l'intermédiaire de leur tendon supérieur, et en prenant leur point fixe en bas; mais lorsque ces mêmes muscles prennent leur point fixe du côté du bassin, ils n'agissent, par le moyen de leur tendon inférieur, que sur ces membres, ou seulement sur quelques-unes de leurs parties pour les fléchir et les élever séparément au-dessus du sol.

L'insertion supérieure des muscles des membres est ordinairement très-éloignée du centre de mouvement.

L'insertion supérieure, ordinairement très-éloignée du centre de mouvement comme nous venons de le voir, est beaucoup plus étendue et plus voisine des fibres charnues que l'inférieure; en effet, le muscle agissant par son extrémité supérieure sur de plus grandes masses, et son poids étant à la charge de cette extrémité, elle a besoin de tenir à l'os par des fibres tendineuses plus fortes, en raison de leur nombre et de leur moindre longueur, que celles de l'extrémité opposée : l'insertion de celle-ci a lieu, le plus souvent, par un tendon qui devient grêle et long, et dont l'attache occupant peu de place, se rapproche du centre de mouvement, à mesure que le poids et le nombre des parties à mouvoir diminuent. Le corps charnu de ces muscles est ainsi plus voisin de l'attache supérieure que de l'inférieure, et il est, en outre plus considérable en haut qu'en bas : d'après cela, quoique le centre d'action des muscles soit presque toujours vers le milieu de leur partie charnue, il est évident qu'il est loin d'être à égale distance de leurs deux points d'insertion : pour le plus grand nombre de ces muscles, ce centre est plus près de l'attache aponévrotique supérieure que de celle de l'extrémité opposée; donc la première en reçoit les impulsions,

Le centre d'action des muscles est plus près de leur attache supérieure que de l'inférieure.

pour les transmettre à l'os, d'une manière plus directe et pour ainsi dire plus immédiate, que l'extrémité inférieure. Enfin, la forme de ces muscles est la plus convenable à la force centrifuge ascendante dont l'intensité est proportionnelle à la masse des parties, à leur mobilité et à leur distance du centre de mouvement.

Réponse à ceux qui croient que l'élasticité n'entre pour rien dans nos mouvemens, et que les muscles extenseurs ne sont destinés qu'à rétablir l'équilibre dérangé par la flexion des membres.

On dit que l'élasticité n'entre pour rien dans nos mouvemens, et cependant nous venons de faire voir que la moitié au moins des substances composant les organes de la locomotion est élastique, et que l'autre moitié qui elle-même n'est pas dépourvue d'élasticité, ne paroît exister que pour solliciter le ressort de la première: et, ce qui seroit inconcevable dans l'absence de toute force de ressort, c'est que les muscles qui sont censés produire seuls l'extension avec une vitesse si grande que toutes les précautions ont été prises par la nature pour en écarter les inconvéniens, sont, d'après Bichat et d'autres savans observateurs (vu la quantité considérable de substance tendineuse qui entre dans leur composition), plus foibles que les fléchisseurs qui, dans leurs fonctions ordinairement moins promptes, sont encore favorisés par la pesanteur des parties supérieures et par la force accélératrice. Ne peut-on pas demander pourquoi plus de foiblesse dans les extenseurs s'ils doivent produire seuls des mouvemens à la fois plus prompts et qui demandent plus de force que ceux de leurs antagonistes? A quoi bon des fléchisseurs si puissans, lorsque la flexion des membres peut s'opérer, du moins en grande partie, par le relâchement graduel des extenseurs et par le poids des parties supérieures? Et enfin, pourquoi attribuer, sans indiquer de causes, à certains muscles une force extraor-

dinaire que la raison repousse puisqu'elle n'est pas justifiée, et négliger la force de ressort qui les seconde, qui est palpable et qui peut seule donner à la force centrifuge l'intensité nécessaire pour surmonter la pesanteur et rendre les faits explicables?

Plusieurs physiologistes pensent que les extenseurs n'ont pas besoin d'autant de force que les fléchisseurs, parce qu'ils ne sont destinés qu'à rétablir l'équilibre dérangé par la flexion des membres; comme, ajoutent-ils, le foible extenseur de la serre de l'écrevisse qui n'a dans aucun cas d'autre but que de desserrer la pièce en remettant les choses dans leur état de repos. Il nous semble qu'attribuer aux extenseurs des membres abdominaux de l'homme, à ces muscles si puissans, si l'on en juge par les effets qu'ils produisent, la simple fonction de rétablir l'équilibre, c'est avouer qu'ils sont secondés par une force ou inconnue, ou spontanée; or je crois qu'il n'existe de force spontanée dans les corps solides que celle qui est produite par le rétablissement des ressorts. Chez l'homme, ces extenseurs jouent un rôle plus élevé; car il est visible qu'ils exercent la principale fonction locomotrice, celle des fléchisseurs n'étant que préparatoire ou partielle; puisque c'est par les extenseurs que tout le corps se meut à la fois et se détache du sol. Mais admettons que les extenseurs rétablissent l'équilibre seulement; expliquera-t-on par-là pourquoi cet équilibre peut être dérangé si facilement, et même sans la participation des fléchisseurs, et d'où vient la force qui se manifeste avec tant d'énergie dans ce rétablissement? Cela pourroit-il être si ces muscles, plus foibles que leurs antagonistes, n'étoient pas secondés par une force inaperçue jusqu'à ce jour?

Et quelle est cette force, si ce n'est celle qui dérive du rétablissement des ressorts mis en jeu vers la fin de la flexion et au commencement de l'extension par des puissances dont on a négligé de parler; rétablissement dont les effets sont d'ailleurs assez rapides pour avoir échappé aux observations?

Suivant moi, la comparaison des extenseurs des membres abdominaux de l'homme au muscle qui ouvre la serre de l'écrevisse manque de justesse; car ce muscle ne contribue point à la locomotion, il n'ouvre que la serre, et ne meut seul dans aucun cas tout le corps de l'animal, tandis que chez l'homme les extenseurs de la cuisse, par exemple, meuvent tout le corps à la fois; et leurs fonctions exigent plus de force que les fléchisseurs n'en manifestent ordinairement: or, puisque, malgré cela, les extenseurs sont plus foibles que les fléchisseurs, les premiers sont donc secondés dans leurs fonctions pénibles par la force centrifuge ascendante et par le débandement des ressorts.

Dans la marche, quand une des jambes est posée à terre au-devant de l'autre, quels autres muscles que les extenseurs de cette jambe agissent pour élever la cuisse et l'amener en avant avec le tronc du corps?

Dans la course et dans le saut, les extenseurs perdant une portion de leur force à vaincre l'inertie des parties qu'ils doivent mouvoir en haut, et leur action étant subite, s'ils n'étoient pas secondés après leur premier effort par la détente des substances élastiques qu'ils ont eux-mêmes comprimées, je demande comment ils pourroient produire l'extrême vitesse qui est le caractère de l'extension dans ce cas, et qui est nécessaire pour donner à la force centrifuge l'intensité qui

lui fait surmonter la pesanteur. De plus, n'est-on pas fondé à croire que le grand pectoral des oiseaux, ce muscle si puissant, est un extenseur, puisque, comme les extenseurs des membres abdominaux de l'homme, il est tendineux et lance tout le corps du volatile en haut et en avant.

Résumé. Ainsi, 1°. l'accumulation de la matière élastique dans les os, dans les articulations, et même dans les muscles extenseurs des membres locomoteurs, son augmentation progressive de haut en bas, la puissance des muscles et leur disposition autour des os, la direction de leurs forces qui est à peu près parallèle à la longueur de ces os; l'action de la pesanteur, celle de la résistance en sens contraire du point d'appui, la vitesse des mouvemens d'extension, laquelle seroit en opposition directe avec la foiblesse des muscles extenseurs s'ils la produisoient seuls; tout enfin prouve l'existence d'une force de ressort propre à faciliter la locomotion et agissant pour ainsi dire à notre insu.

2°. Les muscles fléchisseurs, indépendamment de leurs fonctions de plier les parties du corps et de retenir le centre de gravité lorsqu'il tend à sortir de sa base de sustentation, ont encore, conjointement avec la pesanteur et les muscles extenseurs, l'office de bander les os, les ligamens, les cartilages, les tendons, etc.

3°. Et enfin, les extenseurs, dans le premier tems de leur contraction, donnant le dernier degré de tension à la matière élastique des membres sont secondés par la force de restitution de cette matière dans le redressement qu'ils opèrent ensuite en continuant leur action.

Je crois avoir mis en évidence, autant qu'il est possible,

l'existence des ressorts dans le corps animal vivant; car on ne peut rendre compte que par analogie, par induction et par le raisonnement de tous les effets dus à la contraction des muscles et à la pesanteur dans les parties insensibles de nos articulations; parties cachées et que l'on ne peut découvrir pour cet examen sans les altérer; mais ici le raisonnement est clair, parce qu'il est appuyé d'effets palpables; il ne laissera donc aucun doute à ceux qui se donneront la peine de voir la chose avec toute l'attention qu'elle mérite. Au reste, la plupart des faits regardés comme incontestables dans notre organisation sont dans le même cas: cette circonstance ne doit donc pas arrêter ceux qui désirent étudier à fond le mécanisme de nos mouvemens progressifs.

De quelques causes mécaniques de la chaleur animale.

La chaleur dilatant les corps et contribuant à la souplesse et à l'élasticité dans les mouvemens, nous croyons devoir dire un mot sur quelques causes mécaniques de sa formation dans l'animal qui ont, je pense, été négligées jusqu'ici.

D'après les expériences de tous les physiciens et les inductions les mieux fondées, toute action mécanique d'un corps sur un autre, ou des parties d'un même corps les unes sur les autres, exerçant une pression, un tiraillement, ou un frottement quelconque, produit un dégagement de calorique; or, la traction, le frottement et la pression se rencontrant dans les mouvemens de l'animal, doivent y engendrer les mêmes effets, et donner par-là au sang un cours plus rapide. Chez lui, il y a une compression et une dilatation alternatives plus ou moins apparentes dans tous ses mouvemens. La com-

pression et la traction qui ont lieu en même temps dans les articulations, lors de la flexion de ses membres, et lorsqu'il est appuyé dessus, étant le produit de la force, engendrent toujours dans ces articulations un certain degré de chaleur contribuant aux mouvemens en partie spontanés qui s'opèrent ensuite dans les substances élastiques de ces articulations, tels que la *rétraction*, la *dilatation*, et l'*extension*.

Il y a sûrement de la chaleur de produite dans la contraction des muscles de nos membres secondée par la pesanteur; puisque, dans ce cas, les extrémités spongieuses des os et leurs faces articulaires étant pressées avec force les unes contre les autres, subissent un frottement considérable et une sorte de dépression, et parce que les tendons sont en même temps tiraillés.

Les muscles, lors de leurs contractions, ayant leur tissu plus serré que dans leur repos, vu que leurs molécules se pressent les unes contre les autres, leur volume diminue; cette dernière circonstance a lieu nécessairement, quoique nous ne puissions la conclure que par induction; car le muscle dans l'état de contraction étant plus dur, plus ramassé, doit occuper moins de place que dans son état de relâchement. Or la diminution de volume étant suffisamment prouvée de cette manière, il doit y avoir dégagement de calorique.

Chacun a pu observer que, dans l'état de repos ou de sommeil, sous une température peu favorable, le froid s'empare de nous; la respiration n'est donc pas toujours suffisante pour échauffer tout le corps, tandis que la chaleur est le résultat immanquable, même dans un air froid, d'un certain degré de mouvement dans les autres parties du corps.

La chaleur est due aussi à la combinaison des gaz respirés; mais la condensation de ces fluides dans la cavité pectorale est également une cause de chaleur; car l'air entrant dans la poitrine, en vertu du vide formé par la dilatation de cette partie, et étant ensuite chassé au dehors dans l'expiration, doit être par-là un peu condensé. Je puis ajouter que chez les oiseaux et même chez les insectes, les muscles qui dans le vol dilatent et resserrent le thorax tour à tour avec une extrême vitesse, ayant une grande étendue de contraction, la poitrine et les fluides qu'elle contient en reçoivent plus de mouvement, l'air intérieur qui pénètre partout, qui d'ailleurs éprouve à la volonté de l'animal de la difficulté pour s'échapper au dehors, y est plus condensé; de là dégagement de calorique.

Ainsi, je suis fondé à avancer qu'il y a de la chaleur de produite par le tiraillement, la compression ou le frottement des parties élastiques des articulations, et même par la contraction des muscles. Je ne repousse point, comme on voit, les agens chimiques dans la production de la chaleur animale, mais je crois qu'on doit leur associer les moyens mécaniques.

Des mouvemens progressifs.

Les animaux, pour leurs mouvemens progressifs, ont reçu, les uns plusieurs jambes soutenant le tronc et se portant avec lui alternativement en avant, ou s'élançant ensemble dans l'air; quelques espèces ont eu quatre jambes, moins pour porter le tronc qu'afin de le lancer en haut en lui faisant décrire une parabole, ou de le pousser en avant avec plus ou moins de vitesse et suivant une direction parallèle à la surface

du plan de position ; dans ce dernier cas, elles sont attachées aux côtés du tronc ; et celui-ci, appuyé immédiatement sur le sol, a été dans quelques reptiles, garni en dessous d'écailles très-lisses, à la faveur desquelles il peut, étant poussé comme nous venons de le dire, glisser sur la surface des corps, imprimer une sorte de continuité à sa progression, et la rendre extrêmement rapide. L'impulsion propre à lancer le corps ou à le faire glisser est donnée principalement par les jambes postérieures qui, à cet effet, ont reçu plus de force que les antérieures. Plusieurs espèces de reptiles qui n'ont point de jambes, se servent d'écailles particulières de leur ventre en guise de ressort, et tour à tour, pour glisser et pour prendre leurs points d'appui.

D'autres animaux organisés pour se mouvoir dans l'atmosphère portent alternativement en avant le tronc et les membres destinés à la locomotion dans l'air; tels sont les oiseaux et les insectes; d'abord c'est le tronc qui s'élance seul appuyé sur l'air par l'intermédiaire des ailes; et ensuite ce sont ces mêmes ailes qui se portent ensemble en avant, en prenant leur point d'appui dans le tronc soutenu à son tour par le fluide et par la force centrifuge qui continue de l'animer. D'autres enfin, comme les poissons qui peuvent être soutenus par l'eau sans employer de mouvement, se servent à la fois de toutes les parties de leur corps pour avancer.

De la station.

Lorsque l'homme est debout sur ses jambes, les muscles extenseurs et les fléchisseurs des membres abdominaux et du

tronc, pour maintenir le corps dans cette situation verticale, prenant leurs points fixes en bas, côté qui présente le plus de résistance, et tirant conséquemment de haut en bas, leur action se fait particulièrement sentir du côté libre, où les parties du corps sont d'autant plus mobiles et sujettes aux vacillations qu'elles sont plus éloignées de l'appui extérieur. Dans cette circonstance, les extenseurs agissent surtout pour retenir les articulations étendues, et tous ensemble, fléchisseurs et extenseurs, pour empêcher le corps d'être renversé. Ainsi les forces de ces muscles ayant toutes la même direction par l'effet du point d'appui extérieur, et agissant de haut en bas, affermissent les os dans leurs articulations, et font équilibre à la pesanteur des parties et à leur tendance à se mouvoir ou à se plier les unes sur les autres en descendant.

De la marche.

On sait que Borelli, Haller (*Élémens de Physiologie*), et tous ceux qui ont écrit sur *la marche*, font presque consister ce mouvement de locomotion dans le transport alternatif en avant de chaque membre abdominal; et cependant ce transport ne fait que la moindre partie du mouvement, car, dans cette circonstance, ce n'est guère que l'extrémité inférieure de la jambe qui s'avance. Quant à la participation de la jambe restée en arrière, Borelli l'explique, en disant que lorsqu'en allongeant cette jambe on pousse le sol avec la pointe du pied, le corps est mû en avant d'un mouvement réfléchi. (*Prop.* 156 *et suiv.*) Beaucoup de physiologistes, contens de cette explication, l'ont répétée; cependant elle est

loin d'être satisfaisante. Mon opinion, que je crois fondée, parce qu'elle repose sur des principes incontestables, est qu'aussitôt que l'extrémité portée en avant est posée à terre, sa partie supérieure et tout le corps avec elle, se mouvant autour de l'articulation tibio-tarsienne, et surtout autour des points d'appui fournis successivement par les diverses parties de la plante du pied, sont tirés à leur tour en avant par les muscles extenseurs de ce membre et par ceux du tronc, prenant à cet effet leurs points fixes du côté du sol (1).

A la vérité, M. Boyer (2e. *édition de son Anatomie, t.* 2) dit que le triceps-crural étend la cuisse sur la jambe lorsqu'on monte un escalier, et qu'*alors le muscle a son point fixe au tibia;* d'autres physiologistes ont aussi reconnu que, dans la même circonstance, ou même dans la marche sur un plan incliné ascendant, le corps doit être soulevé au moyen des muscles extenseurs du genou (2) de la jambe avancée et de ceux du talon de la jambe restée en arrière: mais il paroît qu'ils n'ont pas remarqué, 1o. que les muscles extenseurs du talon de la jambe avancée agissent aussi dans cette circonstance en prenant leur point fixe au calcanéum, soit pour empêcher cette jambe de fléchir dans son articulation avec le pied, et pour affermir le genou, soit aussi pour retirer cette jambe en arrière, la redresser, et concourir par-là à élever le corps pendant que le triceps-crural ayant son point fixe au

---

(1) Je dois rappeler ici que je considère comme extenseurs de la cuisse, les muscles situés sur le devant du fémur; et comme extenseurs de la jambe, les muscles du tendon d'Achille.

(2) Je pense que c'est du triceps-cural et des muscles du gras de la jambe dont on veut parler.

tibia amène l'extrémité supérieure de la cuisse en avant et en haut avec le tronc; 2°. que la même chose a lieu à chaque pas que nous faisons, même sur un plan horizontal; c'est-à-dire que, dans ce cas, le corps est encore soulevé et porté en avant par les extenseurs de l'extrémité avancée, commençant d'agir aussitôt que cette extrémité est posée à terre, et ne finissant que lorsqu'elle se trouve derrière à son tour prête à être transportée de nouveau en avant.

Ce qui suit est tiré textuellement de l'ouvrage présenté à l'Académie le 28 février 1820.

Mécanisme de la marche.

Supposons l'homme prêt à marcher, la jambe droite en avant, posée à terre et déja chargée d'une partie du centre de gravité; la jambe gauche en arrière, achevant de se débarrasser du poids du corps en poussant sa charge sur la jambe avancée par la continuation de l'action de ses extenseurs, élevant le pied sur sa pointe, et commençant à le détacher du sol pour le porter en avant. En même temps, le genou de la jambe droite étant retenu d'une manière suffisamment ferme par les muscles jumeaux et soléaire, les extenseurs formant le devant de la cuisse y prennent leurs points fixes, et, secondés par d'autres muscles, soit de cette extrémité ou du tronc qui tous prennent leurs points fixes en bas; secondés de plus, après leur premier effort, par la force de restitution qui a lieu du côté d'en haut avec plus ou moins d'énergie dans les substances élastiques articulaires, ces muscles tirent en avant et élèvent la partie supérieure de cette extrémité, ainsi que le tronc qu'ils placent entièrement sur elle, mouvant l'une et l'autre, d'abord autour de l'articulation tibio-tarsienne, et ensuite autour du point d'appui

fourni successivement par les diverses parties de la plante du pied, les dressent et finissent par les incliner en avant et un peu obliquement de droite à gauche. L'inclinaison devient telle, que cette extrémité tomberoit en avant avec le tronc, s'ils n'étoient retenus en arrière principalement par l'action des muscles du gras de la jambe que nous avons déjà mentionnée; par quelques-uns des fléchisseurs placés derrière le fémur, et par les muscles du dos, et surtout, si la jambe gauche, en se portant au-devant et en se posant promptement à terre, ne les arrêtoit, ce qui se fait de la manière suivante : lorsque le centre de gravité est placé sur la jambe droite, et pendant que les muscles extenseurs de cette jambe continuent de mouvoir ce centre en avant, les muscles extenseurs de l'extrémité gauche se relâchent, ses fléchisseurs, tels que les psoas, iliaque, pectiné, etc., d'une part; les biceps, demi-tendineux, etc., de l'autre, ayant tous leurs points fixes du côté du centre de gravité et tirant de bas en haut, fléchissent la cuisse sur le bassin et la jambe sur la cuisse, élèvent ainsi toute cette extrémité au-dessus du sol, et la portent en même temps au-devant de la jambe droite avec assez de vitesse pour engendrer une force centrifuge capable de soutenir le corps un moment, et l'empêcher de tomber en avant; son pied est ensuite posé à terre. Toutes ces choses s'exécutent ordinairement avec une grande célérité; le transport du centre de gravité du corps, de la jambe fixe sur celle qui va s'appuyer sur le sol se fait en grande partie pendant que cette dernière est encore en l'air; car elle n'est pas plutôt à terre, que la première se lève à son tour.

Cette opération terminée, l'extrémité droite, encore char-

gée d'une partie du poids du corps est à son tour en arrière, appuyée légèrement sur le sol, inclinée en avant et tant soit peu de droite à gauche : elle se trouve par là en mesure d'exécuter toutes les choses que nous venons d'indiquer dans la jambe gauche, et celle-ci toutes celles précédemment effectuées par la jambe droite.

Nous devons faire remarquer que dans la marche, le tronc du corps étant tenu, par ses muscles, dans une situation assez fixe, ne prend point à ce mouvement une part aussi active qu'à la course ou au saut.

Il est essentiel, dans la marche, de ne pas trop abaisser le centre de gravité, ni de fléchir beaucoup les articulations des membres abdominaux en faisant de grands pas, pour que les muscles extenseurs chargés d'étendre ces parties et de relever le centre de gravité, en soient moins fatigués.

Ainsi, dans la marche, 1°. le centre de gravité placé sur l'extrémité supérieure de la jambe dont le pied est fixé, décrivant à chaque pas un arc dont la convexité regarde en haut, et par-là, alternativement élevé et abaissé ; 2°. la jambe qui est en l'air en se posant à terre, en partie fléchie, reçoit au même instant ce centre de gravité qui, descendant sur elle d'un mouvement accéléré, comprime et tend toutes ses parties élastiques de concert avec les muscles ; lesquelles parties se dilatent et se détendent dans le moment suivant ; 3°. chaque extrémité des membres abdominaux devient alternativement le point fixe et le point mobile ; les principaux mouvemens, ceux de translation en avant de la plus grande partie du corps autour du pied posé à terre, sont produits par les muscles extenseurs du membre dont dépend ce pied, prenant tous leurs

points fixes en bas ; et les mouvemens partiels par lesquels le membre resté en arrière est détaché du sol et porté en avant, sont le résultat de l'action des muscles de ce même membre ayant alors leurs points fixes en haut du côté du centre de gravité.

Du Saut.

Depuis l'homme jusqu'à l'insecte, le corps se déprime ou s'abaisse dans la préparation au saut, et il se dilate ou s'étend dans le mouvement qui l'achève.

Opinion de plusieurs physiologistes sur la cause du saut.

Borelli, dans ses propositions 172 et suiv., dit que la prompte contraction des extenseurs produit une force de projection qui fait l'effet d'un soutien par lequel la masse du corps est suspendue en l'air; et, quoiqu'il ne reconnoisse aucune force élastique dans le corps animal, il ajoute cependant que la projection du corps de l'homme dans le saut, est due à une cause pareille à celle d'un corps élastique, tel qu'un arc qui ayant été courbé en appuyant une de ses extrémités contre le sol, est remis ensuite en liberté.

Haller, dans ses *Élémens de Physiologie*, t. 4, p. 569, dit que, dans le saut, tout le corps est repoussé en haut par la résistance de la terre pressée par les pieds, ce qui a été réfuté sans peine.

D'autres physiologistes parlent des efforts immenses que font les muscles du mollet pour relever le talon et soulever le poids entier du corps qui pèse sur l'astragale. Ainsi, d'après cet exposé, ces muscles tireroient de bas en haut dans cette circonstance, ce qui est impossible, vu qu'ils prennent alors

leurs points fixes au calcanéum, afin de mouvoir angulairement et d'avant en arrière la jambe dans son articulation tibio-tarsienne.

Cette manière d'expliquer le saut en négligeant l'action de la force centrifuge est inintelligible.

Barthez parle de la force centrifuge, mais il n'en fait aucune application; ce que l'on voit bien dans l'explication qu'il donne du saut.

Le docteur Dumas, après avoir fait mention de cette force, à l'occasion du saut seulement, explique ce mouvement de la sorte : « Alors le pied est étendu par les muscles soléaires » et jumeaux; la jambe par le grêle antérieur et le triceps; » la cuisse par les fessiers, etc. » Je demande si tout cela est possible, lorsque le point d'appui de tout le corps est sur le sol, celui de la jambe dans le pied, celui de la cuisse dans le genou, et celui du tronc dans les hanches.

Dans le saut, le pied qui est fixe ne peut pas être étendu par les muscles jumeaux et soléaire, mais c'est la jambe qui est tirée en arrière par eux, en décrivant une courbe ascendante avec son extrémité supérieure; de même, la cuisse ne peut pas être redressée par les fessiers, mais par le grêle antérieur et le triceps qui, la tirant en avant en la faisant tourner dans l'articulation du genou en même temps que cette articulation s'élève, font décrire à la tête du fémur un arc parabolique qui est en proportion avec la distance où cette tête se trouve du point d'appui extérieur; et enfin les grands fessiers contribuent à mouvoir le tronc. Or toutes les articulations fléchies et toutes les courbures se déployant à la fois et tout à coup

du côté libre (1), on voit que, pendant que le tarse décrit un très-petit arc ascendant, le genou et le haut du fémur des courbes paraboliques également ascendantes et progressivement plus grandes, la tête trace une parabole à peu près aussi considérable que toutes les courbes précédentes réunies. Ce sont donc les parties supérieures et les plus pesantes du corps et des membres abdominaux qui, décrivant dans le même temps les plus grandes courbes, sont animés de la force centrifuge la plus intense, et contribuent le plus à élever le corps au-dessus du sol. Ainsi c'est principalement à cette grande vitesse des parties supérieures que le saut est dû.

Selon moi, le saut est le résultat de l'action des extenseurs prenant à cet effet leurs points fixes en bas, du côté de l'appui extérieur, et celui du débandement de la matière élastique, produisant ensemble et simultanément le redressement plus ou moins prompt et plus ou moins complet, du côté d'en haut, des courbures du tronc et de toutes les articulations en sens alternatif des membres inférieurs préalablement fléchies et bandées, redressement produisant à son tour la force centrifuge.

Il est à remarquer que ce redressement des parties du corps a lieu d'un mouvement accéléré; car la résistance di-

---

(1) Le docteur Dumas dit que le redressement des membres et du corps dans le saut est successif; il est évident, au contraire, qu'il est simultané; que, par conséquent, les forces engendrées par la vitesse s'ajoutent les unes aux autres en allant de bas en haut. Il regarde aussi le tronc du corps comme un projectile qui est lancé par le déploiement des jambes, tandis qu'il participe directement au saut, comme étant la partie supérieure et la plus libre de l'arc formé par lui et les cuisses.

minuant à mesure que chaque partie approche de la verticale, et proportionnellement à la diminution de la longueur du bras de levier sur lequel elle agit, l'action de la puissance en devient d'autant plus facile.

Mécanisme du saut.

Pour sauter, le corps est plié de manière à représenter trois arcs principaux, disposés en sens alternatif, et dont la masse et la grandeur s'accroissent des pieds à la tête, ainsi que la liberté d'agir. Le premier, qui est le plus considérable et dont la convexité est en arrière, se compose de la tête, du tronc et des cuisses; le second, ou le moyen, est figuré par les cuisses et les jambes, son centre de flexion est en avant dans le genou: enfin la jambe et le pied forment le troisième dont le centre de flexion est en arrière dans l'articulation tibio-tarsienne.

Dans cette flexion, le corps descend d'un mouvement accéléré, et les extenseurs soit du tronc, soit des membres abdominaux, cédant à ce mouvement par degré, sont allongés, et leurs tendons sont tirés, c'est un fait incontestable (*Voyez ce qui a été dit, pag.* 256 *de ce volume, sur l'emploi de la force de ressort*); mais la traction des muscles dont la direction est à peu près parallèle à la longueur des os à mouvoir, ne peut avoir lieu sans que les extrémités articulaires de ces os ne soient pressées à proportion les unes contre les autres, et sans que la courbure naturelle de ces os ne tende à s'accroître. Cependant cette opération n'étant que préparatoire, et la matière élastique n'étant bandée que proportionnellement au poids des parties supérieures et à la résistance des muscles extenseurs, tout reste encore en équilibre. Ce n'est qu'au moment où le corps va s'élever que les

muscles extenseurs agissant à leur tour d'une manière active, font un effort violent pour vaincre l'inertie des parties et les mouvoir suivant une direction diamétralement opposée à celle où elles tendent en vertu de la pesanteur et de l'action des fléchisseurs. Dans cet *effort des extenseurs subit comme le choc*, la matière élastique reçoit son dernier degré de tension, et les parties supérieures un commencement d'ascension qui s'augmentant avec rapidité, permet à la substance élastique de se détendre immédiatement et complètement du côté d'en haut, et de favoriser l'action des extenseurs en contribuant à surmonter la pesanteur.

Dès que l'impulsion est donnée et que le corps commence à s'élever, l'action des extenseurs n'ayant plus d'objet, cesse à son tour : les mouvemens de flexion et d'extension de nos extrémités inférieures qui ensuite peuvent avoir lieu en l'air, ayant leur origine du côté et au-dessous du centre de gravité, et se propageant de haut en bas, ne passent point par ce centre pour se communiquer aux parties qui sont au-dessus; par conséquent ils ne peuvent servir à élever le corps : néanmoins, la prompte flexion des jambes et des cuisses vers le tronc, ou leur écartement rapide, peuvent avoir cette utilité que dans les sauts considérables, ils produisent une force centrifuge ascendante capable, je pense, de prolonger un peu la durée de ces sauts.

Le mouvement rapide des bras en haut et en avant et la force centrifuge qui se déclare à leur extrémité (surtout si les poings sont fermés et si leur masse est augmentée par des poids de métal), sont très-propres à accroître l'étendue et la durée du saut. Ce mouvement des bras dans le saut,

les dispose à donner des points fixes aux muscles sterno-huméraux, lombo-huméraux, et autres pour tirer en haut le reste du corps.

Dans l'homme, le tronc et la cuisse étant presque sur la même ligne verticale à la suite l'un de l'autre, la longueur du fémur, quoique considérable, ne présente pas d'inconvénient; car le bras de levier par lequel la pesanteur du tronc, multiplié par le carré de la vitesse, agit sur cet os, sera toujours assez court si l'on a soin de ne pas trop fléchir la cuisse sur le bassin dans la préparation au saut, et de donner par-là l'avantage aux extenseurs sur les efforts de la résistance.

De la Course.

Les mouvemens de *la course*, tiennent de ceux de la marche et de ceux du saut. Ici, comme dans la marche et le saut, les mouvemens généraux sont produits par les muscles de l'extrémité appuyée en avant sur le sol, prenant tous leurs points fixes du côté de l'appui extérieur; tandis que les muscles de la jambe qui est en l'air, ont pour la projeter en avant, leurs points fixes du côté du centre de gravité.

Le saut de la course n'a lieu que sur une jambe, et ce sont les muscles extenseurs de cette extrémité seule et la force de restitution de sa matière élastique, conjointement avec les muscles du tronc et la force de ressort de cette dernière partie qui le produisent.

Dès que l'extrémité qui se porte en avant est posée à terre en partie fléchie, que sa matière élastique se trouve par-là

fortement tendue, soit par les muscles, par la pesanteur des parties supérieures et par la force accélératrice, soit par les efforts violens et subits que font les extenseurs, cette extrémité est aussitôt redressée par la continuation des efforts de ces mêmes extenseurs, et par la force de restitution de la matière élastique, d'où résulte la force centrifuge par laquelle le corps est enlevé et transporté en avant dans l'air. Le mouvement rapide de la jambe qui se porte en avant engendre de son côté et d'arrière en avant, une force centrifuge qui est favorable à ce transport du corps dans le même sens. Le mouvement en avant du bras situé du côté de la jambe appuyée sur le sol, et sur laquelle le corps s'incline et se redresse, seconde aussi parfaitement l'action des extenseurs et la détente des ressorts de cette extrémité; car, outre que ce bras, par son mouvement, aide à incliner le corps, il contribue encore, par la force centrifuge qui l'anime, au transport de ce corps en haut et en avant, et à soutenir sa partie supérieure, et surtout le côté auquel il appartient.

De la Natation.

Quant à la *natation*, je ne me propose pas d'en donner ici les règles ; mais je désire mettre ce genre de mouvement progressif de l'homme en harmonie avec les principes qui ont servi à l'explication de ses autres mouvemens locomoteurs (1).

(1) L'homme qui nage se sert de ses bras, le poisson de ses nageoires et l'oiseau, de ses ailes, lorsqu'ils les portent en bas et en arrière, à peu près comme le batelier se sert des rames pour faire avancer sa barque. La rame appuyée sur le

L'homme nage par des moyens peu différens de ceux qu'il emploie pour marcher, et surtout pour sauter; ses jambes sont encore les principaux agens de ce mouvement progressif. Ayant sa tête très-pesante ainsi que ses membres abdominaux, il a, par cette cause, plus de peine à nager que les quadrupèdes: ce n'est que par l'emploi de certains mouvemens qu'il peut diminuer sa pesanteur spécifique, et se mettre en équilibre avec l'eau. Cependant il trouve une sorte de compensation à ces obstacles dans la largeur de sa poitrine et dans la faculté de la dilater en introduisant beaucoup d'air dans ses poumons. Etant en grande partie supporté par le liquide, il peut mouvoir tous ses membres à la fois; mais pour trouver une résistance propre à lui servir d'appui, afin d'avancer, il doit pousser l'eau avec plus de vitesse qu'elle ne peut fuir, ce qui a lieu ordinairement sans efforts pénibles.

En étendant ses jambes et en projetant en même temps ses bras horizontalement en avant, ses mains étant en pronation, il diminue la surface qu'il présente antérieurement à l'eau, et augmentant en même temps l'étendue de la surface de son corps qui dans cette circonstance regarde en bas, il diminue aussi par-là sa pesanteur spécifique, et il est poussé facilement en avant et vers la superficie de l'eau.

Prêt à s'élancer pour nager, l'homme appuyé sur sa poitrine, est porté par l'eau; ses membres sont fléchis et le

---

bord de la barque est pressée contre le tollet; cette pression est composée de l'effort des bras et de la résistance de l'eau qui lui est égale, par la raison que la réaction est égale à l'action; mais cet effort des bras et du haut du corps du batelier étant détruit par l'effort en sens contraire de ses pieds, il ne reste, pour mouvoir la barque, que l'équivalent de la résistance de l'eau.

tronc de son corps est plus ou moins courbé; en cet état, il forme les trois arcs principaux dont nous avons déjà parlé en décrivant le saut, dans lesquels la masse et le volume augmentent avec la mobilité d'arrière en avant, pendant que la surface et la diminution du mouvement suivent la progression contraire.

Comment les extrémités des membres peuvent servir à prendre le point d'appui dans l'eau.

Le tronc ayant plus de masse et moins de surface à proportion que les membres, soit thorachiques, soit abdominaux, et les mêmes rapports existant dans ces membres dont les parties antérieures ou supérieures sont plus fortes que les postérieures ou inférieures, il s'ensuit, d'après les lois de la résistance des fluides, que les extrémités de ces membres étant les parties qui perdent le plus de leurs mouvemens dans l'eau, c'est de leur côté que se trouve le point d'appui propre à donner aux forces, soit qu'elles proviennent des muscles ou du débandement des ressorts, la direction unique nécessaire à la locomotion. C'est aussi du même côté que les muscles extenseurs prennent leurs points fixes. Par exemple, le redressement des membres abdominaux, ne pouvant pas s'opérer entièrement en arrière à cause de la résistance que l'eau fait perpendiculairement à la plante des pieds et aux faces postérieures et internes que peuvent présenter les jambes et les cuisses, lorsqu'étant fléchies elles s'étendent tout à coup en s'écartant l'une de l'autre; ce redressement, dis-je, a lieu dans ce cas, en grande partie du côté opposé; et les portions antérieures de ces membres, ainsi que celles du tronc auxquelles l'eau ne résiste que sous un angle très-aigu, avancent les premières en vertu de l'excès de force qui les anime.

Que les bras se meuvent dans l'eau en avant ou en arrière, suivant les règles de la natation; ils contribuent dans ces deux cas à faire avancer le nageur; mais lorsque leurs mouvemens coïncident avec l'extension des membres abdominaux, ils sont plus avantageux, parce que, dans cette circonstance, le point d'appui est pris surtout par les jambes, plus puissantes que les bras; de plus, le corps donnant peu de prise à l'eau en devant, et présentant en dessous au liquide une grande surface et toutes ses parties étant en mouvement, sa pesanteur spécifique en est diminuée; il s'élève davantage vers la superficie de l'eau, et la force centrifuge qui résulte de la prompte extension de tous les membres et du tronc a plus d'intensité.

De la Natation des poissons.

La matière élastique est très-abondante dans les poissons; leur squelette est en partie cartilagineux, et les différentes pièces de leur colonne épinière sont liées entre elles par des ligamens très-serrés. Cette colonne des poissons est peut-être, parmi les vertébrés, celle qui montre avec le plus d'évidence ses fonctions de ressort, car dans la nage elle est courbée en sens alternatif, quoique les vertèbres ne puissent avoir aucun mouvement réciproque les unes sur les autres, surtout dans sa partie coccygienne.

Ces vertèbres des poissons, très-serrées entre elles, renferment dans les cavités coniques des extrémités antérieures et postérieures de leurs corps, une substance fibro-cartilagineuse mêlée d'une matière de consistance gélatineuse. Dans le squale (*Observation de M. de Blainville*), cette dernière subs-

tance est remplacée dans les cavités vertébrales par un liquide visqueux très-abondant, qui étant pressé d'un côté par la flexion latérale de la colonne vertébrale, se porte vers le côté qui, dans cette circonstance, devient convexe en distendant les fibro-cartilages inter-articulaires, attendu que la flexion tend à diminuer la capacité de la cavité contenant le liquide. La cause de cette flexion cessant, la colonne épinière revient d'elle-même dans la ligne médiane, que même elle peut dépasser par la seule force de restitution de la matière élastique. On sent d'après cela, que si les cavités vertébrales n'étoient pas entièrement remplies par un fluide incompressible, la colonne ne pourroit pas être bandée avec le même avantage.

La queue avec sa nageoire propre plus ou moins plissée est le principal organe de la nage; elle fait en même temps l'office d'aviron à l'égard du tronc. Une queue longue et large et de grandes nageoires étant favorables à la résistance de l'eau, doivent l'être aussi à la natation.

Chez les poissons c'est la queue qui sert à prendre le point d'appui dans l'eau.

Chez les poissons, la masse du corps s'accroît de la queue à la tête; les surfaces, au contraire, augmentent d'avant en arrière; car la queue, à raison de son moindre volume, de la grandeur de sa nageoire, et des nageoires du dos et de l'anus, ses auxiliaires, a plus de surface à proportion de sa masse que le tronc. C'est dans la différence de masse qui existe entre leur tronc et leur queue, en y comprenant les nageoires de cette dernière, et dans l'étendue des surfaces qu'offrent cette queue et ses nageoires que les poissons trouvent un appui pour diriger toutes leurs forces en avant, et pour donner à leurs parties antérieures la mobilité nécessaire,

L'avance que prend la partie antérieure du corps, lors du déploiement de la queue, peut être, jusqu'à un certain point, indépendante de la volonté ; de même qu'il ne dépend pas de l'homme qui est debout que ses jambes fléchies se déploient du côté du sol. Supposons qu'un arc qui est tendu et dont les extrémités ont des masses et des volumes différens se débande dans l'eau ; le fluide ayant plus d'influence sur l'extrémité qui a le plus de surface à proportion de sa masse que sur celle dont la masse est plus considérable, l'arc par cela seul sera déplacé, et se portera en avant du côté de sa partie la plus pesante. (*Expérience de l'Auteur.*)

Ainsi l'eau résistant au prompt développement de la queue en arrière, il s'ensuit que l'extension des courbures du corps, y compris celles de la queue, se fait presque entièrement en avant, en commençant par la portion antérieure de chaque courbure, laquelle ayant plus de masse et moins de surface à proportion que la portion postérieure, tourne autour du point d'appui fourni par cette dernière portion.

Muscles par lesquels la natation s'opère.

La natation s'opère principalement par le moyen des muscles très-forts et parfaitement semblables situés sur les côtés de la queue et du tronc (*muscles latéraux*, Cuvier), lesquels paroissent exercer alternativement les fonctions de puissance et de résistance, de fléchisseurs et d'extenseurs, et dont l'état de repos n'a lieu dans cette hypothèse que lorsque l'échine du poisson est parfaitement droite.

Si, par exemple, le corps est courbé à droite par l'action des muscles latéraux de ce côté, leurs analogues du côté gauche se relâchent au fur et à mesure, et l'épine dorsale reçoit un commencement de tension, soit de cette courbure,

soit parce que ses diverses pièces sont pressées bout à bout les unes contre les autres; tension qui parvient à son degré convenable, quand les muscles de gauche, après avoir été tiraillés, se contractent à leur tour pour projeter le corps en avant et le courber dans le sens opposé à la première courbure. Dans ce premier temps de leur contraction, la matière élastique est fortement tendue et comprimée, en sorte qu'aussitôt que les muscles de droite se relâchent, les ressorts qui ont été bandés venant à se détendre tout à coup, contribuent à mouvoir le corps en avant.

Ces muscles latéraux, dans leurs principales fonctions, qui consistent à étendre le corps et à le lancer en avant, par le redressement simultané de ses diverses courbures, prennent leurs points fixes du côté de la queue; mais la portion de ces muscles ou les muscles particuliers qui servent à fléchir cette même queue, prennent toujours pour cet effet leur point fixe du côté du centre de gravité. Dans ce dernier cas, le poisson diminuant de volume en conservant la même masse, tend à descendre.

« Le ploiement de la queue se fait toujours avec plus de len-
» teur que le développement qui est *subit et violent.* » (Cuv.)

Borelli se contente de dire que, dans le nager, la queue est d'abord fléchie latéralement et fortement recourbée vers la tête; qu'elle est ensuite étendue tout à coup de manière à frapper avec beaucoup de vitesse l'eau qu'elle repousse en arrière et sur laquelle elle s'appuie, que par-là le poisson est mû nécessairement en avant. J'ai peut-être montré le premier que l'extrémité de la queue étoit la partie la moins mobile du corps, qu'elle servoit principalement à prendre le point d'appui, vu l'influence de l'eau sur elle; qu'alors les muscles de

cette queue et les muscles latéraux y prennent leurs points fixes pour opérer en avant et simultanément le redressement des courbures en sens alternatifs de cette même queue et du corps ; et que c'est la partie antérieure de ce même corps et celle de chaque courbure qui étant les plus mobiles se portent les premières en avant.

Divers usages de la vessie aérienne des poissons.

Beaucoup de poissons très-comprimés latéralement, ayant par conséquent leur cavité thorachique également comprimée, et présentant à l'eau par-là une surface inférieure très-étroite et qui n'est point en proportion avec les surfaces latérales ni avec la masse de leur corps, ne pourroient se mettre en équilibre avec le fluide dans lequel ils vivent, ni s'élever à sa surface, sans leur vessie aérienne, qui est ainsi leur principal moyen d'équilibre et d'ascension. Car, d'après les observations de MM. Biot et de la Roche, l'air de la vessie, beaucoup plus condensé au fond de l'eau que près de sa surface, se dilate au fur et à mesure que le poisson monte, ce qui doit accélérer son ascension.

Cette vessie a encore d'autres usages, par exemple, elle peut accroître l'élasticité du corps sans ajouter sensiblement à son poids, surtout dans les espèces où elle entre fort avant dans la queue; car le corps en se courbant diminuant de volume, la vessie en est comprimée. Elle peut aussi empêcher les viscères pectoraux et abdominaux d'être froissés dans les grands mouvemens de la nage et du saut.

L'eau qui tend à occuper tous les vides comprime les corps avec une force qui est en raison des surfaces et de sa hauteur perpendiculaire au-dessus de ces corps; donc les parties extérieures du corps du poisson n'étant que les parois plus ou

moins solides d'une cavité dans laquelle les viscères sont contenus, le poids de l'eau pourroit les comprimer, et par-là gêner le mouvement des organes intérieurs ; même quelques poissons très-aplatis dans le sens vertical, ayant par conséquent de larges surfaces latérales, en seroient peut-être écrasés sans le secours de leur vessie aérienne ; mais l'air se condensant à mesure qu'on le descend plus bas, la vessie natatoire deviendroit flasque au fond de l'eau et ne seroit plus propre à soutenir convenablement les parois de la poitrine, si le poisson n'avoit les moyens de l'entretenir en état de tension, en y introduisant de nouvel air. (Voyez *les Mémoires de M. de la Roche, dans les Ann. du Muséum*, 7e. année.)

D'ailleurs, l'air condensé développe un certain degré de chaleur qui peut être nécessaire au poisson lorsqu'il se trouve à une grande profondeur.

Plusieurs espèces de poissons, constamment dépourvus de vessie natatoire, peuvent remplir de liquide à volonté les cavités intérieures, de manière, je pense, à balancer la pression extérieure. M. de Blainville (*dans les Annales du Muséum, tome* 18) dit que tous les poissons de la tribu des raies et des squales, ont, par des ouvertures particulières et considérables, la faculté d'introduire de l'eau dans leur abdomen et dans le péricarde, et de l'en faire sortir à volonté.

Je crois avoir remarqué que la coupe transversale de la cavité pectorale chez plusieurs de ces poissons, est circulaire. C'est au contraire un ovale très-comprimé dans les raies.

Saut des Poissons.

Pour sauter, les saumons, par exemple, ploient leur corps

d'un seul côté, « rapprochent de leur bouche l'extrémité de » leur queue, en serrent le bout avec les dents, en font par-là » une sorte de ressort fortement tendu. (*Lacépède.*) » En cet état, le poisson doit former un arc flottant à la superficie de l'eau et incliné à l'horizon, vu que ses parties ont des pesanteurs spécifiques différentes; ainsi, la tête et la queue qui n'ont point de vides, sont en bas, et le milieu du corps en haut, particulièrement sa partie dorsale où se trouve la vessie natatoire. Au moment où cet arc se débande, la tête et le tronc, comme ayant plus de masse, s'élancent obliquement en haut les premiers, et le point d'appui est pris dans l'eau par le moyen de la queue comme dans la nage ordinaire.

Du vol des Oiseaux.

D'après tout ce qui a été dit de général sur le vol dans l'Essai précédent, nous n'avons plus à traiter ici que de l'organisation appropriée au vol qu'ont reçue les oiseaux, et de ce qu'offre de particulier, chez eux, ce genre de mouvement progressif.

L'organisation intérieure du tronc des oiseaux a des rapports évidens avec leur mouvement progressif dans l'air. La grande cavité commune contient non-seulement les viscères pectoraux et abdominaux, mais encore de grandes cellules aériennes qui communiquent les unes dans les autres, et avec les poumons, et conduisent l'air dans toutes les parties du corps. Les plus considérables de ces cellules se trouvent dans la partie pectorale de la grande cavité.

Sans doute que l'oiseau pouvant se gonfler d'air diminue par là sa pesanteur spécifique; mais cette diminution qui ne

peut être bien sensible, lui seroit à peu près inutile pour voler, s'il n'avoit les moyens de mettre en œuvre, pour ainsi dire, son fluide intérieur, ce qui a lieu de la manière suivante.

De la dilatation et du resserrement alternatif du thorax et de l'abdomen.

Lorsque le thorax monte dans l'abaissement des ailes, il se dilate, et l'abdomen se resserrant en même temps, pousse ses viscères du côté de la poitrine, et surtout l'air de ses cellules aériennes, et vibre en haut d'une manière plus ou moins sensible. Cet effet est produit par l'action des muscles du bas-ventre qui soulèvent, dans cette circonstance, l'extrémité postérieure du sternum et la rapprochent de la colonne vertébrale, pendant que l'extrémité antérieure de ce même sternum est abaissée par le redressement des côtes, par la pression des clavicules et par le refoulement de l'air dans la cavité pectorale proprement dite, ainsi que nous le verrons. Lors de l'élévation des ailes, le thorax se resserre à son tour, et l'abdomen descend et se dilate par le relâchement des muscles du bas-ventre et par le retour de l'air intérieur dans ses cellules, et se trouve en outre soutenu par la queue.

Cet état de gonflement et de constriction alternatif de l'abdomen et ses vibrations qui correspondent, comme nous venons de le voir au mouvement des ailes, au resserrement et à la dilatation du thorax, sont bien remarquables, surtout chez les gros oiseaux quand ils s'élèvent de terre ou qu'ils sont près de se reposer.

Les vibrations de la partie abdominale du tronc des oiseaux dans le vol, nous porte à croire que la portion lombaire de la colonne épinière, à laquelle s'articulent quelques côtes sterno-vertébrales, jouit d'un léger mouvement, surtout de haut en bas et réciproquement, dans son articulation avec la por-

tion dorsale. La mobilité de la région lombaire de cette colonne est très-évidente dans les chauve-souris.

Dans plusieurs espèces d'oiseaux, le cou et les jambes vibrent aussi dans le sens de l'abdomen pendant le vol. Chez les oiseaux comme chez les insectes, la région dorsale du tronc et les côtés de cette région, ont, durant le vol, des mouvemens particuliers alternatifs en haut, en arrière et en dehors, en bas, en avant et en dedans, indépendans des mouvemens de la région pectorale de ce même tronc.

De la Poitrine.

La poitrine des oiseaux devant contenir, outre les viscères pectoraux, une grande quantité d'air renfermée dans des cellules particulières, est fort étendue : ses parois sont formées par la colonne vertébrale, par les côtes et par le sternum, pièces très-bien décrites dans l'Anatomie comparée; ce que j'ajoute n'a rapport qu'au vol.

Des côtes et de leurs fonctions dans le vol.

Les côtes qui renferment et protègent les viscères pectoraux, s'articulent en haut avec les vertèbres, et en bas avec la partie moyenne des bords latéraux du sternum; elles sont composées de deux portions osseuses articulées entre elles; la plus considérable est la portion *vertébrale*, excepté dans la dernière côte; la portion inférieure se nomme *sternale* : ces portions forment entre elles un angle peu différent de l'angle droit, et elles se dirigent en arrière par rapport à l'épine et au sternum; par cette disposition particulière, ces côtes, en s'appuyant sur le sternum et en ouvrant l'angle compris entre leurs deux portions, élèvent la colonne verté-

brale ou abaissent le devant du sternum, et augmentent par là la capacité de la poitrine; cette capacité est diminuée, et la colonne épinière se rapproche de l'*entosternal* par le mouvement contraire des deux portions de chaque côte (1); voilà pourquoi la portion sternale avoit besoin d'être osseuse, de simples cartilages auroient été trop foibles pour cette fonction. En outre, le mouvement de la portion vertébrale, soit en haut, en arrière et en dehors, soit en avant, en bas et en dedans, étant imprimé et communiqué à toutes, principalement par l'intermédiaire de l'omoplate, pendant que l'extrémité inférieure de cette portion des côtes est retenue fixe par une partie des muscles grands pectoraux, ces portions vertébrales devoient en conséquence avoir un point de communication entre elles pour l'uniforme transmission de ce mouvement : tel est, selon nous, l'un des usages de l'apophyse anguleuse et aplatie que porte le bord postérieur de leur portion vertébrale : apophyse qui ne se trouve point dans la dernière côte où elle auroit été inutile.

Du sternum et de ses fonctions dans le vol.

Outre les usages déjà connus de la grandeur du sternum, je le crois encore utile pour mieux comprimer l'air intérieur. Sous ce point de vue, la crête de cet os doit en augmenter la force et l'empêcher de fléchir sans ajouter beaucoup à son poids. Cette crête est encore nécessaire pour que la portion moyenne des grands pectoraux, laquelle ne s'attache qu'à la lisière inférieure de cette crête sans toucher aux parties latérales

(1) Ces mouvemens alternatifs, en haut et en arrière, en bas et en avant, de la partie dorsale du tronc, et l'écartement et le rapprochement de ses côtés sont des faits constans chez tous les animaux qui volent; nous l'avons déjà démontré dans les insectes.

du sternum ni aux côtes, à l'exception des postérieures, put, par son moyen, tirer en haut ce sternum, ou abaisser sa partie antérieure par l'intermédiaire des côtes et des clavicules. Cette partie antérieure, ou l'*entosternal*, composée en dedans de substance spongieuse et revêtue de matière compacte et de cartilages, est très-forte, afin de résister à l'effort des principaux muscles du vol, agissant sur elle par l'intermédiaire des clavicules. Sa force de ressort doit être proportionnelle à sa masse et à la puissance musculaire.

La grande largeur des parties latérales du sternum dans plusieurs espèces d'oiseaux, composées aussi de deux surfaces compactes et d'un tissu diploïque intermédiaire très-mince, paroît destinée, entre autres usages, à empêcher que les effets de la contraction des muscles grands pectoraux ne gêne le mouvement des côtes et ne se fasse sentir sur les viscères. Dans les gallinacées où cette largeur est moindre, elle est suppléée par des prolongemens latéraux (*anses sternales*, Vicq-d'Azir) aplatis, terminés en haut par de larges et minces apophyses regardant en arrière pour la plupart, et donnant attache à de fortes membranes aponévrotiques, couvrant ainsi les côtes en dehors et protégeant leurs mouvemens.

De fortes aponévroses tenant aux muscles abdominaux et couvrant une grande partie du bas-ventre, sont attachées à l'extrémité postérieure du sternum.

De la Clavicule.

La clavicule, située au-devant du sternum, s'articule dans une fossette latérale du bord antérieur de l'entosternal; elle

se porte en avant et en montant à peu près dans le prolongement de la partie médiane du sternum, et elle se dirige aussi un peu de côté; elle est composée d'un tissu spongieux revêtu de matière compacte; ses deux tubérosités articulaires sont en outre couvertes par des cartilages; elle jouit d'un léger mouvement de droite à gauche et d'avant en arrière dans son articulation sternale; c'est le point d'appui des mouvemens de l'aile, ce qui explique sa grande force. Sa base, ou son extrémité sternale, est très-large, surtout dans quelques palmipèdes, tels que l'albatros; étant comprimée dans son articulation, ainsi que ses cartilages, elle doit fournir une force de ressort considérable, et proportionnelle à sa largeur; chaque clavicule sert aussi de levier pour tendre ses propres ligamens articulaires, abaisser le devant du sternum, et, sans doute, pour mettre en jeu l'élasticité de l'entosternal.

Les extrémités humérales des deux clavicules, s'avançant au-delà de la position des viscères pectoraux font que les mouvemens des ailes peuvent s'exécuter et les clavicules se rapprocher et s'écarter alternativement l'une de l'autre sans gêner en rien l'action de ces viscères.

La Fourchette.

La fourchette protège l'œsophage et la trachée-artère contre la violence des mouvemens du vol; c'est en quelque sorte un ressort; à cet effet, son centre où viennent aboutir les efforts exercés sur les extrémités des branches a plus d'épaisseur et de force que ces branches, et paroît avoir plus de spongiosité qu'elles (toutefois cette pièce est très-mince

dans quelques espèces d'oiseaux); écartées de leur position d'équilibre, les branches contribuent à l'élévation des ailes en revenant subitement sur elles-mêmes, leurs extrémités ayant par là une tendance à monter. Dans l'abaissement des ailes, ces branches qui, lors du mouvement précédent, avoient été rapprochées plus que dans leur état de repos, venant à s'écarter de nouveau, en partie par leur force de ressort et en partie par l'action des grands pectoraux, favorisent la dilatation du tronc et son ascension; car, dans cette circonstance, le centre de gravité de la fourchette tend à monter avec celui du corps de l'oiseau.

L'Omoplate.

L'omoplate est un os étroit et fort allongé, situé parallèlement à la colonne épinière au-dessus des portions vertébrales des côtes, auxquels il tient par des ligamens; son extrémité humérale tenant fortement à la clavicule et à la branche correspondante de la fourchette est, ainsi que ces derniers os, alternativement abaissée et relevée, rapprochée et éloignée de la ligne médiane du tronc : son extrémité costale étant mince et aplatie comme la lame d'un ressort et entourée de substances peu sensibles, est susceptible de se plier et même de se tordre légèrement et de se rétablir ensuite sans que l'oiseau en souffre.

Cet os étant repoussé en arrière dans l'abaissement des ailes doit entraîner avec lui, dans le même sens, la colonne épinière par l'intermédiaire des portions vertébrales des côtes; dans l'élévation des ailes, il contribue par le même

moyen à ramener la colonne épinière en avant (1). On voit par là l'utilité de sa grande longueur.

L'omoplate des chauve-souris est aussi fort allongé.

L'Humérus.

La tête de l'humérus est la partie dont l'élasticité est particulièrement excitée par la compression durant le vol; elle est très-grosse, recouverte de cartilages et de fibro-cartilages, et son tissu intérieur est diploïque ; pressée dans son articulation par des muscles très-puissans et antagonistes les uns des autres, il doit naître de son élasticité, et proportionnellement à sa grosseur, une force de ressort considérable.

La capsule de son articulation avec l'épaule est fortifiée par de forts ligamens et par les tendons de plusieurs muscles qui sont alternativement tendus et relâchés dans les mouvemens de l'aile. Le corps de l'humérus et les os de l'avant-bras sont bandés dans l'élévation de l'aile par l'action des releveurs de cette aile, et par la résistance de leurs antagonistes. Ces os le sont surtout lorsque l'aile commence à s'abaisser, par l'action du grand pectoral.

Des Muscles du vol.

Les deux principaux muscles du vol de chaque aile sont le *grand pectoral* qui est l'abaisseur de l'aile, et le *pectoral*

(1) Il m'a fallu réfléchir long-temps sur les usages de chaque pièce du squelette de l'oiseau, pour trouver dans les mouvemens du tronc de cet animal les analogues parfaits de ces mêmes mouvemens déjà indiqués chez les insectes.

moyen, qui en est le releveur : le premier est aussi le *dilatateur* et le *projecteur* du tronc, et le second en est le *constricteur*.

Ces muscles et leurs congénères n'agissent que sur les ailes et sur le sternum, ne s'attachant qu'à la partie inférieure du tronc et aux humérus; laissant ainsi toute la partie supérieure de ce tronc, comprenant les côtes et la colonne vertébrale, entièrement libre de se dilater et de se hausser, de se resserrer et de s'abaisser lors des mouvemens des ailes.

Situations respectives des muscles du vol.

Les muscles grands pectoraux et les pectoraux moyens vont d'arrière en avant et en montant s'attacher aux humérus; ils sont en même temps fort inclinés en dehors, de manière que les muscles des deux ailes se touchant presque par en bas, n'ayant entre eux que la crête assez mince du sternum, sont en haut séparés par l'épaisseur du tronc, et même davantage quand les ailes sont étendues. Cette disposition qui convient le mieux aux principales fonctions de ces muscles, et qui est aussi celle de plusieurs parties osseuses des organes du vol, entre autres des clavicules et de la fourchette, donne à l'ensemble de ces muscles, vu par devant, la forme d'un V. Leurs fibres sont fort longues, pouvant fournir par là une grande étendue de contraction dont ils ont besoin, soit pour produire d'aussi grands mouvemens que ceux des ailes, soit pour condenser convenablement l'air intérieur et permettre ensuite sa dilatation.

Les situations respectives du grand pectoral et du pectoral moyen de chaque aile sont à peu près parallèles entre elles. Lorsque l'aile est déployée, le tendon du grand pectoral couvre une partie de la face externe de la clavicule, et le

tendon du pectoral moyen est sur la surface interne de l'extrémité humérale de cette même clavicule : tous deux s'insèrent ensuite à la tête de l'humérus de chaque côté du point d'appui de l'aile, ce qui les rend antagonistes l'un de l'autre ; mais le bras de levier sur lequel le pectoral moyen agit est beaucoup plus court que celui du grand pectoral, circonstance qui ajoute encore à la force de ce dernier, dont, en outre, la traction, qui a toujours lieu de bas en haut et du dedans en dehors, est à peu près directe ; tandis que le pectoral moyen ne peut exercer la sienne de haut en bas et de dehors en dedans qu'en repliant son tendon sur les extrémités supérieures des os de l'épaule ; et elle ne devient directe que lorsque l'humérus est élevé.

Du muscle grand pectoral.

Le muscle grand pectoral qui est extrêmement puissant, n'est point, à proprement parler, un abaisseur de l'aile ; ses fonctions principales sont de bander la matière élastique des parties qui servent au vol, de concert avec le pectoral moyen ; de dilater le tronc et de le lancer en haut et en avant, avec la même vigueur qu'il abaisseroit l'aile sans la résistance de l'air. Il est composé de trois portions séparées entre elles par une substance tendineuse ; l'antérieure ou claviculaire, la plus courte de toutes, s'attache en avant à la fourchette ; la moyenne, qui est la plus forte, est fixée en bas tout le long du bord inférieur de la crête du sternum, occupant environ le tiers inférieur de la largeur de cette crête, couvrant le moyen et le petit pectoral et le sous-clavier externe, et ne touchant point aux côtes, en étant empêchée par les parties latérales du sternum et par des membranes ; et la dernière portion, qui est la plus longue, s'attache en arrière aux

extrémités inférieures des dernières côtes, couvrant leurs portions sternales et l'extrémité inférieure des vertébrales, de manière à maintenir fixe le sommet de l'angle formé par ces portions des côtes, pendant que le haut de ces mêmes côtes est repoussé en arrière avec la colonne épinière par l'intermédiaire de l'omoplate. Ces portions du grand pectoral, dont les deux dernières ont une étendue de contraction considérable et proportionnelle à la longueur de leurs fibres, s'insèrent en montant, par un large tendon commun, à la ligne âpre de l'humérus. (Voyez les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, et l'*Anatomie comparée*, tom. I.)

On voit que ce muscle très-fort, ayant la plus grande partie de ses fibres dirigé de bas en haut et en avant, s'attachant de ce dernier côté à la fourchette, en bas au sternum, en arrière aux dernières côtes, et en haut à l'humérus où il prend son point fixe, doit nécessairement, dans ses contractions, diminuer la longueur du tronc, augmenter sa largeur et le chasser en haut.

La disposition des muscles grands pectoraux des chauve-souris, par rapport aux côtes, aux clavicules et au sternum, m'a paru différer très-peu de celle que nous venons d'indiquer dans les oiseaux, et doit offrir les mêmes résultats.

Du pectoral moyen.

Le pectoral moyen, ou le premier releveur de l'aile, étant placé dans l'angle formé par les parties latérales et par la crête du sternum, angle qu'il occupe en grande partie, sa force de cohésion et de résistance en est augmentée, de même que par sa position sous le grand pectoral; car ce dernier le contient en lui complétant une gaîne qu'il rend très-solide. De plus, le tendon du pectoral moyen, uni à celui de son congénère le sous-clavier interne, montant le long de la face interne de la

clavicule, et se réfléchissant sur le point d'union de cet os avec l'omoplate, particulièrement dans l'abaissement de l'humérus, acquiert par la pression et les frottemens résultans de cette disposition, une force qui peut suppléer en partie à ce qui lui manque en grosseur, et qui lui est nécessaire pour résister à l'action vive de son muscle au moment où il relève l'aile. Lorsque l'aile est élevée et portée en avant, ce tendon n'étant plus contourné, sa direction est alors à peu près parallèle au corps de la clavicule et à celui de l'humérus, et perpendiculaire au bras de levier sur lequel le muscle agit, la traction du muscle en est alors plus directe, ce qui ajoute à sa force.

Le pectoral moyen, exerçant sa traction de haut en bas, et de dehors en dedans, suivant la direction de la résultante de ses forces, doit, par l'intermède de la tête de l'humérus, rapprocher l'extrémité supérieure de la clavicule et les autres pièces solides qui y sont attachées ou articulées, des parties semblables situées du côté opposé.

Par sa position, ce muscle favorisé par la pesanteur du tronc, par l'air extérieur qui sollicite l'aile à monter, et conjointement avec les autres releveurs peut, autant qu'il est nécessaire, faire équilibre au grand pectoral: il concourt avec ce dernier à consolider les os de l'épaule dans leurs articulations, et à tendre les substances élastiques.

Mécanisme du vol des Oiseaux.

État du corps au moment qui précède l'abaissement des ailes.

Au moment où le tronc va s'élever et les ailes descendre, 1°. le point d'appui extérieur donné par la résistance de l'air

au mouvement rapide du corps, est encore sous la partie antérieure du thorax ; 2°. le corps de l'humérus se trouve à peu près dans le prolongement des clavicules et de la direction des fibres des muscles du vol, et la grosse tubérosité de sa tête est toute dans sa cavité articulaire, la touchant par le plus de points possibles, afin qu'aucune de ses parties n'échappe à la compression qui va être exercée sur elle à l'instant où les releveurs achèvent leurs fonctions, et où les grands pectoraux font les plus grands efforts pour relever le tronc qui tend à descendre, et pour abaisser les ailes ; 3°. l'abdomen est dilaté et abaissé, ainsi que la queue, par le relâchement des muscles du bas-ventre, par l'abaissement de l'extrémité postérieure du sternum et par le retour de l'air intérieur dans ses cellules ; les côtés du thorax sont rapprochés, le devant de la colonne vertébrale est descendu vers l'entosternal par la flexion des deux portions des côtes, la capacité de la poitrine en est diminuée, et l'air qu'elle renferme étant comprimé, une partie s'est portée dans les os des ailes et dans les cellules de l'abdomen. Alors les muscles pectoraux qui se trouvent plus ou moins tiraillés par l'effet de l'éloignement des pièces auxquelles ils s'insèrent, et leurs points d'attache étant très-fixes, se contractent et s'efforcent de ramener les ailes en bas. Dans cet effort subit, où ces muscles ont à vaincre l'inertie des ailes qui tendent naturellement à rester élevées, les parties élastiques solides sont bandées; entre autres, la tête de l'humérus et le côté interne de la base de chaque clavicule fortement pressés contre leur appui respectif, ont leurs substances élastiques articulaires comprimées et une partie des ligamens est tiraillée. Au même instant, le pectoral

Effets de la contraction des grands pectoraux. Abaissement des ailes.

moyen et les autres releveurs se relâchent ; en conséquence, les parties qui se trouvent tendues ou comprimées se débandent ou se dilatent tout à coup, et les humérus tendent à descendre ; mais les ailes ne s'abaissant qu'avec peine à cause de la résistance de l'air qui a lieu de bas en haut et d'avant en arrière, le débandement des têtes humérales ne peut s'opérer que du côté des clavicules, contribuant par là à chasser le thorax en haut ; alors les grands pectoraux qui ont leurs points fixes aux humérus, vu que le point d'appui extérieur est sous les ailes, tirent le sternum en haut et en avant, particulièrement sa partie postérieure ; la portion vertébrale des côtes est repoussée en haut et en arrière en tournant autour de son articulation avec la portion sternale ; l'angle que les deux portions de ces côtes font entre elles s'ouvre, ainsi que celui formé en sens contraire par la portion vertébrale et la colonne épinière ; conséquemment cette colonne est élevée, éloignée de la partie antérieure du sternum, et repoussée en arrière (ce mouvement des côtes est favorisée par les muscles intercostaux et autres).

La partie antérieure de l'iléon aux côtés de laquelle s'articulent les dernières côtes doit être aussi élevée, ce qui contribue, de concert avec l'action de plusieurs muscles de la région dorsale du tronc, à faire vibrer l'abdomen dans le même sens, produisant par là, dans cette partie, un certain degré de force centrifuge propre à faciliter l'ascension du thorax. Je présume que c'est alors que les muscles abdominaux, secondant l'action des grands pectoraux, élèvent de leur côté le sternum en prenant leurs points fixes à l'iléon ; par ce moyen, l'air des cellules abdominales est poussé dans la poitrine, ce qui facilite la dilatation de cette dernière partie. Les clavicules se

mouvant en arrière et en dehors, chacune dans son articulation sternale respective comme autour d'un centre, leurs extrémités humérales se haussent avec les pièces qui y sont attachées, et toutes sont tirées en arrière et écartées les unes des autres plus que dans l'état de repos. Le devant et le côté interne des bases de ces clavicules se lèvent aussi et tendent leurs ligamens articulaires, et le côté externe, au contraire, comprime sa matière élastique.

Par toutes ces causes, le thorax est dilaté; *ses deux diamètres, le vertical et le transversal augmentent, et le diamètre antéro-postérieur diminue seul*: l'air intérieur qu'il renferme, air qui seconde le mouvement ascendant du tronc, est aussi dilaté; le fluide comprimé dans les os des ailes rentre en partie dans la poitrine, ainsi que celui des cellules aériennes abdominales qui y est chassé, comme nous avons vu, par le resserrement de l'abdomen. Mais le mouvement imprimé ne pouvant s'opérer que du côté d'en haut, le thorax en est enlevé; toute sa partie supérieure, qui est la plus pesante, animée par une grande force centrifuge, monte emportant l'inférieure, de même qu'un ballon qui est comprimé de haut en bas saute du côté d'en haut par la prompte dilatation de l'air intérieur, s'il est subitement mis en liberté; l'abdomen qui vibre en haut dans le même temps, facilite cette ascension du thorax, et par là les ailes se trouvent naturellement abaissées.

Effets de la contraction des muscles pectoraux moyens.

Élévation des ailes.

Toutes ces choses n'ont pu se faire sans que le pectoral moyen n'ait été tiraillé ainsi que les autres releveurs, surtout vers la fin de cette première opération. Aussitôt ces derniers muscles favorisés par la pesanteur du tronc et par

la tendance de l'air extérieur à repousser l'aile en haut, prenant leurs points fixes au sternum, comme étant la partie la moins mobile, se contractent avec force afin de relever les ailes avec une grande vitesse, et pour contribuer de nouveau à bander la tête de l'humérus, les bases des clavicules avec leurs ligamens, et toutes les autres parties élastiques susceptibles de l'être dans cette circonstance. Lorsque cet effort est dans son *maximum*, l'action des muscles grands pectoraux cesse tout à coup, et toutes les parties qui viennent d'être fléchies ou bandées s'étendent ou se débandent subitement. D'abord, la partie inférieure de la tête de l'humérus dont le ressort est tendu, devenant libre, se rétablit du côté d'en haut, contribuant par là à l'élévation de l'aile; les extrémités humérales des clavicules descendent avec les omoplates et la fourchette, en se portant en avant et en dedans, et se rapprochant par là l'une de l'autre.

L'extrémité supérieure des côtes se porte aussi en avant avec la colonne épinière; l'angle compris entre les deux portions de ces côtes diminue par l'abaissement de la portion vertébrale; conséquemment le devant de la colonne épinière descend vers l'ento-sternal; et enfin l'angle formé par la portion sternale des côtes et les côtés du sternum, s'ouvre en vertu de l'abaissement de l'extrémité postérieure de ce même sternum.

Le pectoral moyen qui continue de seconder ce mouvement rapide, en partie spontané et ascendant de l'aile, meut en même temps cette aile en avant conjointement avec le muscle deltoïde et le grand extenseur de la membrane antérieure de cette aile.

Dans cette élévation des ailes, le centre de gravité du corps reçoit une impulsion qui tend à le porter en bas et arrière, et qui est égal à celui des ailes dans le sens opposé, puisqu'il peut le balancer; mais cette tendance que la pesanteur favorise, tourne encore au profit de la progression, sinon ascendante, du moins en avant, à cause de la résistance proportionnelle au carré de la vitesse que l'air fait, soit au reste du mouvement en avant dont le corps est encore animé, soit à la descente de l'abdomen par l'intermédiaire de la queue; et en partie à cause de la force centrifuge ascendante des ailes qui peut se communiquer au thorax au moyen de l'appui que l'air fournit à cette dernière partie. (Nous avons dit ailleurs que les ailes dans ce cas ne présentent que leur tranchant à l'air.)

Ce second temps du mouvement des ailes étant terminé, le thorax a son diamètre vertical et son diamètre transversal raccourcis et le diamètre longitudinal augmenté; comprimé ainsi dans toutes ses parties, sa pesanteur spécifique a augmenté, et les attaches des muscles ont reçu plus de fixité. La capacité du thorax étant diminuée, l'air chaud, mêlé de vapeurs et si abondant qu'il renferme, est condensé et refoulé jusque dans les os, particulièrement dans les humérus dont il augmente la solidité et à l'élévation desquels il contribue. Ce fluide étant repoussé aussi en même temps dans les cellules de l'abdomen, dilate cette dernière partie, et diminue sa pesanteur spécifique concurremment avec la queue : enfin la situation des parties du corps se trouve être la même qu'en commençant.

L'explication du vol par Borelli, dont on s'est contenté

Opinion principale de Borelli sur le vol.

jusqu'ici, consiste principalement dans la proposition suivante; savoir, que *l'air ne pouvant fuir aussi vite qu'il est chassé, repousse l'aile et élève l'oiseau par un mouvement réfléchi.*

Résumé.

Je viens de démontrer, 1°. que le vol est dû à la grande différence qui existe entre les masses et les surfaces du tronc et des ailes; différence qui fait que l'air résistant à l'abaissement de ces dernières, lorsqu'elles sont entièrement étendues, les muscles grands pectoraux peuvent y prendre leurs points fixes, non pour abaisser ces ailes, mais pour lancer le tronc en haut et en avant; 2°. à une force centrifuge ascendante très-intense, produite proportionnellement aux masses, par l'extrême vitesse des mouvemens alternatifs du tronc et des ailes en haut et en avant.

3°. Que le tronc monte avec la même vitesse que les ailes s'élèvent, parce que les vitesses sont proportionnelles aux masses et aux surfaces.

4°. Que dans la projection du tronc en haut, le point d'appui extérieur est sous les ailes, particulièrement à leurs extrémités; et que dans l'élévation de ces ailes ce point d'appui est sous le tronc.

5°. J'ai montré que le vol est encore dû à la contraction et à la dilatation alternative du corps, vu que les volatiles emploient l'air intérieur, comme les poissons, à augmenter l'élasticité de leur corps, et à se mettre en équilibre avec le fluide ambiant; mais que les premiers s'en servent d'une manière plus active que les poissons, et qui est peut-être en proportion avec la différence de densité existante entre l'eau et l'air; faits incontestables; pour s'en convaincre, il n'y a qu'à

examiner l'organisation intérieure du corps, les attaches des muscles du vol et les effets que doit produire sur le squelette la contraction et le relâchement alternatifs de ces muscles ; faits qui, en outre, sont apuyés par une observation de M. Lorry, que j'ai vérifiée et qui a été rapportée dans mon chapitre premier, à l'article *De l'usage de l'air intérieur dans le vol*.

6°. Et enfin, que le resserrement du thorax dans lequel l'air intérieur est condensé, et toutes les substances élastiques plus ou moins comprimées ou tirées, a lieu lors de l'élévation des ailes et en même temps que l'abdomen se dilate et vibre en bas ; et que la dilatation de ce même thorax du côté d'en haut, résultat de l'action musculaire, de la détente des substances élastiques solides et de l'expansion subite de l'air intérieur, contribuant à faire hausser le tronc et à abaisser les ailes, s'opère au même instant que ce tronc s'élève, et que l'abdomen se resserre et vibre en haut : conséquemment, lors de l'abaissement des ailes, le thorax s'élève et gagne en hauteur et en largeur, et dans l'élévation de ces mêmes ailes, au contraire, le thorax se resserre et s'allonge en avant (1).

---

(1) Depuis l'impression de mes mémoires sur le mécanisme du vol des insectes, j'ai fait les remarques suivantes : 1°. chez tous les insectes où le post-dorsum (*partie portant des bras et que je crois avoir observée le premier avec détail*) est uni intimement au dorsum, les muscles dorsaux ne s'attachent qu'à la partie antérieure de celui-ci, laissant libre sa partie postérieure : cette dernière partie peut ainsi faire ressort avec le post-dorsum ; il n'en est pas de même chez les bourdons, les guêpes, etc.

2°. Dans tous les insectes les ailes sont élevées par l'intermédiaire des pièces écailleuses formant l'enveloppe extérieure du tronc alifère ; et chez tous aussi, à

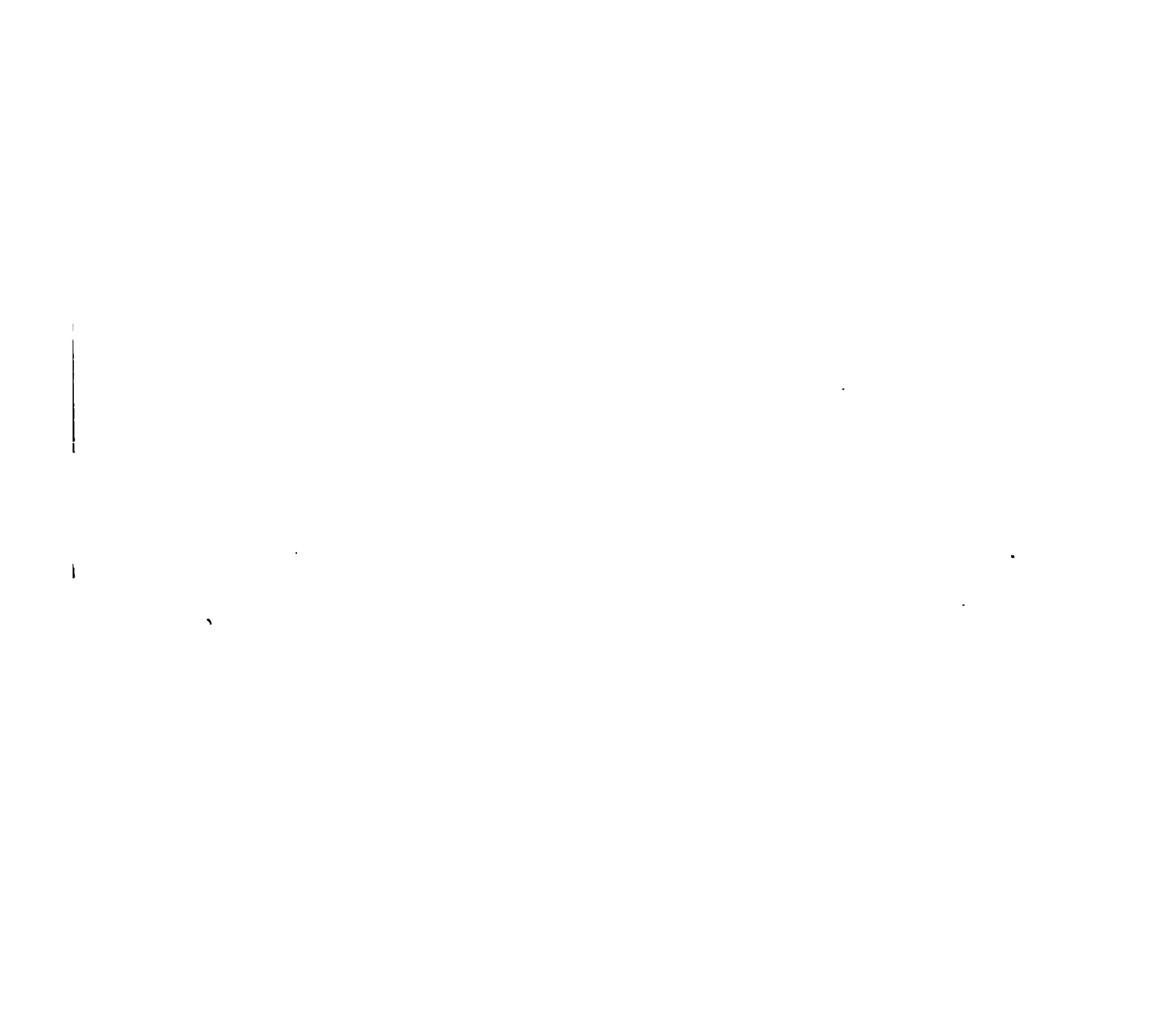
l'exception des libellules, c'est encore par le moyen des mêmes pièces que les ailes sont abaissées.

3°. Les volatiles qui ont les muscles abaisseurs des ailes attachés en bas à la poitrine, ont ces mêmes abaisseurs insérés directement aux ailes en dehors du point d'appui de ces ailes, et les releveurs sont placés en dedans (*les oiseaux et les libellules*); mais chez tous les volatiles où les muscles du vol ne s'attachent point directement aux ailes, et c'est chez le plus grand nombre des insectes, les muscles par l'action desquels les ailes sont abaissées et la région dorsale du tronc élevée ne touchent point du tout à la poitrine; ils sont situés entre les releveurs, et les pièces auxquelles ils s'insèrent font exclusivement partie de la région dorsale du tronc. Dans ce cas les releveurs des ailes, qui sont en même temps les abaisseurs de cette région dorsale, se trouvent en dehors des abaisseurs des ailes.

IDÉES NOUVELLES

SUR

LE SYSTÈME SOLAIRE.



AVANT-PROPOS.

La principale objection faite à mes idées sur le système solaire est qu'elles tendent à altérer les notions admises jusqu'ici sur la loi de l'attraction ou de la pesanteur universelle, trouvée par Newton ; je suis si éloigné d'avoir eu ce dessein, que j'ai cherché constamment à connoître la cause de cette force dont l'existence est sentie de tout le monde : en cela j'ai imité Newton lui-même et bien d'autres non moins célèbres.

La cause de l'attraction, m'a-t-on dit, *c'est Dieu :* mais qui a pu savoir que l'homme ne pourroit jamais découvrir une cause, peut-être toute mécanique, dont il dépend et au moyen de laquelle tant de merveilles s'opèrent, sans anticiper sur les droits de la Divinité ? Selon moi, quand cette cause seroit connue, la Divinité auroit encore une assez belle part : car nous n'aurons jamais de notions certaines sur la source des élémens et du mouvement de la matière, sur la composition de l'univers, sur la cause de son existence et sur tant d'autres choses qui nous touchent immédiatement.

Une idée vraisemblable se présente à mon esprit, je puis par elle expliquer un grand nombre de faits, je la mets au jour ; en quoi puis-je être par là contraire à la vérité, aux idées reçues, aux faits observés et aux conséquences qu'un génie supérieur en a déduit. Le hasard ne peut-il pas faire qu'une idée qui n'est pas venue au grand homme qui la cherchoit, se présente sans effort à l'esprit d'un ignorant ? D'ailleurs il est reconnu que les découvertes les plus belles sont dues presque toutes au hasard ou à des hommes poursuivant autre chose.

Depuis long-temps des savans estimables ont dit aussi que nous ne connoîtrions jamais la cause de l'*attraction*, qu'il falloit nous contenter des effets qui étoient certains ; mais je pense que ces personnes n'ont point eu la prétention de mettre des bornes à l'esprit humain.

Je suis loin cependant de me croire assez heureux pour avoir trouvé

la véritable cause de la pesanteur universelle; seulement je soutiens, quant à présent, que l'existence d'un liquide remplissant le système solaire et environnant les atmosphères des astres, que j'indique pour être cette cause, a un grand degré de probabilité, puisqu'elle satisfait à la vue dans la voûte céleste, dans les queues des comètes, dans la lumière zodiacale, etc., et que par elle une foule de faits s'expliquent facilement; mais j'y renoncerai de grand cœur dès que je connoîtrai une cause meilleure.

En attendant, j'agirai comme si j'avois réussi dans mes recherches par la supposition précitée. Ce liquide donc, comprimant l'atmosphère de toutes parts à peu près également, doit pousser les corps dans la direction du centre de la terre. Ainsi, toute la question se réduit à savoir *si les corps s'attirent mutuellement en raison de leur masse et de leur distance*, ou *s'ils sont poussés vers un centre commun*. On voit que mon hypothèse est pour la dernière partie de cette proposition; car une force qui réunit les corps en les poussant tous vers le même point, produit le même effet qu'une force qui les attireroit autour de ce point : mais la première se conçoit facilement parce que ses moyens sont pris dans la nature telle que nous pouvons la connoître; au lieu que la seconde est, suivant moi, tout-à-fait inexplicable; parce que nous ne concevons pas qu'un corps puisse sans intermédiaire attirer d'autres corps placés à d'immenses distances (1).

Je n'attaque donc pas l'attraction, ou du moins les faits observés que l'on désigne par ce mot : mes idées tendroient plutôt à les confirmer s'il étoit nécessaire.

Outre que la vue du ciel et plusieurs phénomènes dont il sera parlé dans le cours de cet ouvrage, sont favorables à mon hypothèse, je puis encore invoquer en sa faveur les expériences de Hutton et de

---

(1) Nous aurions peut-être moins de difficultés à admettre l'attraction mutuelle entre des corps très-petits et très-rapprochés les uns des autres, en supposant toutefois l'absorption ou la raréfaction d'un fluide intermédiaire et la tendance à l'équilibre du fluide environnant; mais cette dernière supposition nous conduit encore à l'action d'une force comprimant ce dernier fluide.

Hall. Ces célèbres anglais n'ont-ils pas prouvé que de fortes pressions modifioient l'action de la chaleur et contribuoient à la formation et à la cristallisation des corps les plus durs?

Quant à la tendance des corps célestes du côté de l'astre du jour, voyez ce que j'en pense, p. 40 de ce mémoire.

Selon moi, il est difficile de soutenir avec avantage que la voûte azurée du ciel est très-rapprochée de nous, qu'elle n'est qu'une illusion produite par la réflexion de certains rayons lumineux par l'air, et qu'elle n'est pas formée d'une matière dense et diaphane, puisqu'elle laisse voir les étoiles et réfléchit la lumière; car on l'aperçoit à toutes les hauteurs possibles, quoiqu'elle paroisse moins brillante vue de dessus les hautes montagnes; que cette matière ne soit de l'eau, puisqu'elle doit être mobile et que l'on a reconnu que l'eau en grande masse, telle que l'eau de la mer ou des lacs, réfléchit abondamment les rayons violets et bleus, et, enfin, que cette voûte ne soit au-delà de la lune (quoique la croyance commune la place en deçà), puisque cet astre n'en prend point la couleur.

J'ai observé la lune en plein jour avec une bonne lunette, sur la sommité des Alpes et des Apennins, sous le ciel pur de l'Italie, elle m'a toujours paru en deçà de la voûte du ciel et d'une couleur cendrée dans la partie qui n'étoit point éclairée par le soleil, ainsi qu'on l'a constamment remarqué. J'ai aussi toujours vu dans cette circonstance le ciel d'un bleu plus ou moins foncé.

Or, puisque la partie de la lune qui n'est éclairée que par la lumière de la terre réfléchie sur cet astre, se distingue très-bien et n'est point teinte d'azur, il s'ensuit, 1°. que la voûte céleste est bien au-delà de la lune; 2°. que cette voûte doit réfléchir non-seulement une portion de la lumière terrestre, mais encore les rayons lumineux qui lui viennent directement du soleil; mais que, par sa nature et son fond bleuâtre, étant plus propre à l'absorption des rayons les plus lumineux qu'à leur réflexion, elle doit par là être vue moins distinctement que la lune; 3°. et enfin que le ciel et sa couleur ne sont point dûs, comme on le croit, à la seule réflexion, très-rapprochée de nous, de quelques rayons lumineux par l'air.

Supposons le vide autour de l'atmosphère; dans ce cas, au lieu d'une voûte dense, azurée et plus ou moins brillante, nous ne verrons qu'une obscurité effrayante, si toutefois la lumière du soleil nous arrive.

Il seroit peut-être possible de s'assurer si la voûte céleste est décidément dense en y cherchant les traces de l'ombre de la terre dans les éclipses de lune favorables pour cette observation; ou l'ombre de la lune lorsque cet astre se montre durant le jour, le matin ou le soir, fort au-dessus de l'horizon : par là on s'assureroit en même temps si la lune est dans l'atmosphère terrestre; mais je crains que le grand éloignement de cette voûte et sa couleur foncée ne rendent ces recherches au moins très-difficiles. On réussiroit peut-être mieux, étant dans une position favorable; en examinant le ciel avec de grands instrumens : on y découvrirait peut-être les ondulations que le mouvement de l'eau sidérale doit produire à la surface de l'atmosphère. (*Voyez plus bas une observation de Cassini.*) Au reste la lumière zodiacale, la lumière jaune qui a été vue autour de l'atmosphère immense de plusieurs comètes, la direction des courans magnétiques, les oscillations de l'atmosphère et plusieurs autres phénomènes, ne laissent presque aucun doute sur sa densité.

Suivant Cassini (*Découverte de la lumière céleste qui paroît dans le zodiaque*) la lumière zodiacale ressemble beaucoup à la queue des comètes, et Mairan (*Traité physique et historique de l'aurore boréale*) assure qu'elle lui a paru plus forte et plus dense que celle de la voie lactée; non-seulement il l'a vu jaunâtre; mais quelquefois d'un rouge vif à sa base : il a trouvé aussi que cette base est très-souvent confondue avec une espèce de nuage fumeux qui nous en dérobe la clarté; etc. Je me rappelle ainsi que l'on m'a fait remarquer en Italie cette lumière qui, malgré sa faiblesse (1), tranchoit assez nettement sur la voûte obscure des cieux.

D'après cela et d'après le grand éloignement de cette voûte qui est suivant moi au-delà de la lune, je suis porté à croire que la lumière

---

(1) Je pense que la lumière zodiacale, qu'on a tant de peine à voir de la terre, ne peut, à plus forte raison, être aperçue dans les autres planètes.

zodiacale (*semblable à la lumière jaune et circulaire qui enveloppoit l'atmosphère de la comète de 1811 du côté opposé au soleil, ayant pour centre le noyau même de la comète*) n'est autre chose qu'une lumière émanée du soleil, qui, lorsque cet astre est descendu quelques degrés au-dessous de l'horizon, vient se réfléchir très-obliquement sur la surface concave du ciel et nous rendre ainsi visible la partie de cette surface qu'elle éclaire; car il n'y a qu'une surface sphérique concave, composée d'un liquide transparent qui, réfléchissant une partie des rayons lumineux qui lui arrivent obliquement, et réfractant ou absorbant l'autre partie, puisse produire, dans la direction des rayons incidens, une clarté en fuseau *et concentrique à la terre* comme est la lumière zodiacale, diminuant d'intensité vers sa pointe, à proportion de son éloignement du soleil et de la dispersion des rayons lumineux.

Le nuage, en apparence fumeux observé à sa base, ne seroit-il pas produit par la réfraction des rayons lumineux à leur arrivée dans l'atmosphère terrestre, où ils passent de l'eau dans l'air?

Ainsi, en considérant la matière de la surface réfléchissante et l'obliquité des rayons lumineux qui arrivent sur cette surface, on voit que les rayons réfléchis qui parviennent jusqu'à nous doivent être peu nombreux; en second lieu, si la conjecture que je viens d'énoncer se vérifie comme j'en ai l'espoir, il sera prouvé par là et par les observations faites sur la comète de 1811, que la voûte céleste est dense: il sera aussi prouvé que la lumière solaire a plus d'intensité autour de l'équateur du soleil que du côté de ses pôles.

Cassini en regardant la lumière zodiacale avec de fortes lunettes croyoit y avoir vu pétiller, ou briller, de petites étincelles: cet effet pourroit bien être produit par les ondulations du liquide en mouvement qui forme la voûte du ciel.

Maintenant, si le ciel est formé par de l'eau, ce liquide remplit le système planétaire et pèse de tout son poids sur l'atmosphère du soleil; il environne aussi les atmosphères des planètes, le soleil le met en mouvement et il doit entraîner les planètes dans son cours. Il est aussi diaphane puisqu'il nous permet de voir les étoiles les plus

éloignées et que la lumière du soleil pénètre au travers dépouillée en partie de ses rayons bleus.

Ainsi par cette supposition très-probable tout s'explique; la pesanteur et son accroissement de l'équateur aux pôles, l'éclat et la perpétuité de la lumière du soleil, produite en partie par l'excessive pression exercée sur son atmosphère; les mouvemens de rotation et de translation de cet astre lumineux; son action continuelle sur les planètes; les queues des comètes, la cause de la lumière de ces astres et même leurs mouvemens irréguliers; la lumière jaune qui environnoit l'atmosphère de la comète de 1811; la lumière zodiacale produite par la même cause; l'invariabilité des nébuleuses et des étoiles; l'origine des astres, la fixité et l'élasticité des atmosphères des planètes et en même temps le peu de densité de ces atmosphères qui ne seroit pas en proportion avec la masse immense de liquide qui peseroit sur elles, si le courant divergent de ce liquide, courant dans lequel elles se trouvent, n'étoit pas en mouvement et animé par la force centrifuge; car, dans la supposition du repos absolu du liquide sidéral, il est probable que les atmosphères des planètes en seroient comprimées au point d'être lumineuses.

Il est donc probable aussi que, si les planètes ont été sous la forme de comètes dans les courans convergens du liquide sidéral, où ce liquide est mû par la seule tendance à l'équilibre, ou par la *force centrale* dont l'intensité augmente progressivement; il est probable, dis-je, qu'alors leurs atmosphères fortement comprimées produisoient de la lumière.

Je le demande, n'est-il pas plus naturel de penser que le soleil meut les planètes par l'intermédiaire d'un liquide dont tout annonce l'existence et la mobilité, que de supposer ces corps en mouvement en vertu d'une seule impulsion, dans un vide universel que tout porte à croire impossible? Et d'abord qu'est-ce qui a donné cette impulsion et en entretient perpétuellement les effets et d'où viennent ces corps tout formés?

Comment concevoir que des nébuleuses de formes très-irrégulières, telles que Herschell en a observé, puissent exister dans le vide, y

conserver toujours leurs positions respectives, y jouir néanmoins d'un mouvement intestin, devenir peu à peu sphériques et lumineuses, acquérir par là un noyau dense et former enfin des corps planétaires? Nous ne pouvons pas plus concevoir ces choses-là, qu'il nous est possible de comprendre l'existence de la lune sans atmosphère et hors de l'atmosphère terrestre, l'existence et l'élasticité de cette dernière dans le vide et la diminution progressive de sa densité. Nous comprenons bien mieux que le fluide fondamental de l'atmosphère est partout à peu près également dense, et que ce qu'on nomme rareté de l'air à de grandes hauteurs au-dessus de la terre est simplement la rareté de l'oxigène. (Voyez le chap. VI et les corrections et additions.)

On me reproche encore de n'avoir pas donné assez de développement à mes idées, de ne fournir aucune observation neuve ni aucun calcul : 1°. mon Mémoire n'est que l'extrait d'un ouvrage assez considérable : j'aurois donc pu m'étendre davantage si je n'avois été retenu par des considérations qu'il est inutile d'exposer ici; 2°. je tâche d'expliquer les observations récentes d'un des plus habiles astronomes de notre temps, observations que leur auteur a tenté d'expliquer aussi; mais, sur ce terrain, il a été réduit, comme moi, à des conjectures; je tâche aussi d'expliquer ce qui est vu et senti de tout le monde quoique peu connu, *la lumière solaire*, *la voûte céleste*, *la pesanteur*, etc.; 3°. j'indique des recherches et des observations à faire aux savans qui ont des instrumens d'astronomie à leur disposition et l'usage de s'en servir, choses que je ne puis faire moi-même faute de ces instrumens; 4°. quant aux calculs ayant pour base des faits certains, je n'ai point dû m'en occuper, attendu que mes idées ne peuvent nullement déranger les calculs existans fondés sur des observations; en effet, il me semble qu'il doit être indifférent au géomètre et même à l'astronome que les corps s'attirent réciproquement, ou qu'ils soient poussés les uns vers les autres; que les planètes se meuvent régulièrement d'elles-mêmes dans le vide autour du soleil, ou qu'elles soient mues par un liquide mis en mouvement par ce même soleil; 5°. et finalement, supposant le soleil au centre du liquide sidéral, j'ai fait des expériences dans l'eau afin de connoître les effets de sa rotation sur ce li-

quide, expériences rédigées peut-être avec trop peu de clarté, mais qui néanmoins, par les faits singuliers qu'elles font connoître, méritent toute l'attention des physiciens; elles sont l'objet de mon chapitre premier.

Enfin on a dit que mon opuscule étoit seulement le fruit de l'imagination ; je viens de prouver que cette opinion n'est pas tout-à-fait juste; c'est d'ailleurs un reproche que l'on pourroit adresser aussi à beaucoup de productions estimées; et l'on a vu de simples conjectures mener à de véritables découvertes; mais qu'importe, si mon hypothèse principale est plus probable, soit par ce qui est apparent, soit par le grand nombre de faits qui en dérivent naturellement, ou qu'elle sert à expliquer d'une manière admirable, que la supposition du vide universel ou de l'éther, qui exige d'autres hypothèses toutes aussi inexplicables, telles qu'une matière sans cesse lumineuse par elle-même et infiniment subtile, des corps célestes tout formés, se mouvant perpétuellement par l'effet d'une impulsion primitive et unique, tournant autour du soleil par l'effet continuel d'une attraction dont la cause reste inconnue, etc. Et ce même soleil brillant éternellement du plus vif éclat, sans éprouver de perte sensible, ne mérite-t-il pas aussi la recherche d'une explication la plus naturelle possible ?

Je le répète, mes idées sur le système solaire peuvent être contestées, mais je pense qu'on leur ôtera difficilement l'air de vérité dont elles sont empreintes; et que si l'hypothèse du liquide sidéral n'est point encore complétement démontrée, elle est au moins assez vraisemblable pour me faire espérer qu'un jour elle aura toute la certitude désirable.

La date de l'impression de cet écrit qui est du mois de janvier 1821, explique le grand nombre d'additions et de corrections que j'ai pu faire durant cet intervalle et qui se trouvent à la fin; je sens même que ce nombre pourroit être encore augmenté considérablement, tant je suis pénétré de l'imperfection de mon ouvrage : car, quelques soins que j'aie pris pour l'améliorer et le rendre digne d'être offert au public, beaucoup de fautes graves m'auront échappées : elles doivent être attribuées à mon ignorance et non à l'inattention.

IDÉES NOUVELLES
SUR LE
SYSTÈME SOLAIRE.

> On peut accroître la probabilité d'une théorie, soit en diminuant le nombre des hypothèses sur lesquelles on l'appuie, soit en augmentant le nombre des phénomènes qu'elle explique. (*Exp. du Système du monde*, t. 2, p. 205.)

Je publie ces idées parce que je crois, d'après les découvertes les plus récentes dans les sciences physiques, qu'on peut maintenant expliquer la formation des corps célestes, la perpétuité de leur existence et de leurs propriétés, et leurs mouvemens divers sans avoir recours à aucune cause inconnue; qu'il est ainsi possible de combiner, suivant des lois très-simples, un système planétaire appuyé sur de fortes probabilités et à la portée du plus grand nombre des lecteurs.

Cependant je suis loin de me croire en état d'achever un pareil ouvrage, je ne me propose que de l'ébaucher ; trop de connoissances me manquent pour le porter à sa perfection; mais on verra que l'idée fondamentale repose sur des faits observés, et qu'on peut par elle expliquer facilement plusieurs phénomènes considérés jusqu'ici comme insolubles.

CHAPITRE PREMIER.

Expériences servant à constater mes idées.

1re. Expér. Voici ce qui a lieu dans l'eau d'un vase cylindrique de verre, où l'on fait tourner horizontalement et rapidement un sphéroïde plat, entièrement plongé dans l'eau

(fig. 1 et 2), et où l'on a mis quelques particules noirâtres d'une substance assez pesante pour se déposer au fond de l'eau, lorsque celle-ci est en repos, et en même temps assez légères pour être mues au moindre mouvement imprimé au liquide par le sphéroïde, telle que de la sciure de bois de chêne pénétrée d'eau (1).

Les couches liquides en contact avec le sphéroïde, heurtées à la fois sur tous les points et dilatées par la force centrifuge qui anime ce sphéroïde, recevant ainsi un mouvement très-vif, le communiquent aussitôt aux couches suivantes qui les touchent; celles-ci agissent de même envers d'autres; et comme les impulsions sont données hors de la direction du centre de gravité des couches, elles s'écartent du sphéroïde en tournant autour jusqu'à ce qu'elles soient arrêtées par les bords du vase; le liquide décrit ainsi des spirales suivant des directions tangentielles à la surface circulaire de la zône médiane du sphéroïde et normales à son axe de rotation. Ainsi la direction des impulsions qu'elles peuvent transmettre aux corps qu'elles atteignent ne passent point par le centre de gravité de ces corps.

L'eau étant incompressible, le mouvement qui lui est communiqué par le sphéroïde moteur doit se transmettre sans beaucoup de perte, soit au reste du liquide, soit aux corps solides qui y sont plongés; en conséquence, je ne pense pas m'écarter beaucoup de la vérité en disant que le développement de la spirale décrite par le liquide pour arriver du moteur

---

(1) Ce sphéroïde doit avoir pour épaisseur au moins le tiers de la hauteur de l'eau du vase.

jusqu'aux bords du vase, doit égaler, à peu près, en longueur la circonférence du sphéroïde multipliée par le nombre de tours faits par ce moteur pendant la formation de la spirale.

J'appelle *divergent* le courant que je viens de décrire. Par là toute la masse fluide qui peut être très-considérable et qui se trouve divisée en trois portions, ou *disques horizontaux*, ainsi que nous le ferons voir, est mise en mouvement; car les disques situés au-dessus et au-dessous du courant divergent qui est le disque mitoyen et en même temps le plus considérable, se rapprochent des pôles de l'axe du sphéroïde en tournant autour en spirale et dans le sens du mouvement de ce sphéroïde; formant ainsi *deux courans convergens latéraux* ou *pôlaires* remplaçant le fluide repoussé. On voit que le courant divergent est l'effet de la *répulsion*, et les courans convergens celui de la *pesanteur* ou de la *tendance à l'équilibre*.

La force centrifuge qui anime le courant divergent fait que, lorsque ce courant a atteint les bords du vase, ses eaux se divisent en deux parties, dont l'une s'élève au-dessus du niveau, et l'autre est poussée en bas. La partie qui monte occasionne, au milieu de la surface du liquide, où le mouvement est moins sensible, une dépression dont le centre coïncide avec l'axe du sphéroïde et vers lequel l'eau qui est au-dessus du courant divergent, partant des bords du vase, se dirige en circulant et où elle se jette par un mouvement accéléré en vertu de sa tendance à l'équilibre : elle descend ensuite, s'étend sur l'hémisphère correspondant du sphéroïde, arrive à sa zône médiane et rentre ainsi dans le courant divergent. La partie qui est poussée en bas, pressant latéra-

lement et en dessous la portion d'eau sur laquelle le courant divergent ne pèse en aucune manière, oblige cette eau à se porter en tournant, d'abord au centre du fond du vase, et ensuite à monter, toujours en circulant, dans la direction de l'axe du sphéroïde comme dans un vide, et à gagner ainsi, de son côté, la zône équatoréale de ce sphéroïde, afin d'y contribuer à remplacer le fluide qui en est sans cesse chassé. C'est ce que font connoître les molécules noirâtres de bois; car, au moyen de la transparence du vase, on voit très-facilement, lorsque le moteur commence à tourner, le tas de particules solides partir avec le liquide du fond et du milieu du vase, s'élever en forme de colonne et en tournant sur lui-même, jusqu'à l'extrémité inférieure de l'axe du sphéroïde d'où il s'avance en s'épanouissant vers la zône équatoréale et pénètre dans le courant divergent où ses molécules sont dispersées par la force centrifuge en raison de leurs pesanteurs spécifiques.

Ainsi s'établit une sorte de *circulation;* chaque portion du liquide faisant alternativement partie du courant divergent et des deux courans latéraux.

Immédiatement après que le sphéroïde a cessé de tourner, l'eau qui a reçu une grande impulsion continue encore de se mouvoir rapidement avec les particules solides que la force centrifuge soutient; mais la vitesse du courant diminuant peu à peu, ces particules, que la force centrifuge abandonne, sollicitées par leur pesanteur propre et par le poids du fluide des bords du vase, viennent se déposer en un tas hémisphérique au centre du fond de ce vase (voy. le chap. IX) (1).

(1) Je n'ai pas pu faire toutes les expériences nécessaires et possibles sur l'eau,

2e. Expér. — J'obtiens un effet analogue dans l'air au moyen d'une toupie d'un décimètre de diamètre que je fais tourner avec une extrême vitesse sur une table horizontale (fig. 2); mais je pense que le mouvement imprimé de la sorte à un fluide élastique doit être absorbé plus promptement que dans un fluide incompressible. Cette toupie ne fait point tourner à sa suite les molécules d'air contiguës; mais elle lance ces molécules dans le sens des tangentes de son plus grand cercle, et les couches fluides formées par ces molécules et frappées hors de la direction de leur centre de gravité tournent, en s'éloignant, autour de la toupie et dans le même sens que cette toupie tourne elle-même.

Ainsi le fluide atmosphérique repoussé et raréfié par la force centrifuge entre *a* et *b* forme un disque horizontal tournant autour de la toupie qui, lorsque la rotation de cette dernière a une grande vitesse, peut avoir environ un mètre de diamètre. L'épaisseur de ce disque près du moteur est celle d'une zône assez étroite située au milieu de la toupie: car, entre *c* et *a* et entre *b* et *e*, le fluide est attiré, bien loin d'être chassé.

On peut vérifier ce que j'avance ici par le moyen d'une plume légère suspendue à un fil très-fin de soie. Entre *c* et *a*, cette plume tend à se rapprocher de la toupie, ce qui prouve l'existence d'un courant convergent supérieur; plus bas, entre *a* et *b*, elle peut être éloignée jusqu'à 25 centimètres, selon le degré de vitesse du mouvement de rotation; et si

d'abord parce qu'elles sont dispendieuses; et en second lieu à cause de la difficulté de les faire seul.

l'extrémité libre du fil est tenue fixement dans le prolongement de l'axe de la toupie, la plume tourne autour de ce corps sphérique sans le toucher, soutenue et poussée seulement par le fluide lancé par la force centrifuge; enfin, parvenue au-dessous de *b*, elle se rapproche de nouveau du moteur jusqu'à le toucher et se coller contre lui.

Pendant la rotation rapide de la toupie, des plumes et d'autres objets aussi légers disposés sur la table autour de la toupie, se rapprochent d'elle et s'élèvent ensuite à la hauteur de son ventre; mais avant d'y parvenir elles font autour de cette toupie plusieurs révolutions, ce qui prouve que les choses se passent dans l'air à peu près comme dans l'eau. En effet, la pesanteur étant détruite dans le disque d'air qui s'éloigne du ventre de la toupie, en circulant rapidement autour, fait que le fluide qui se trouve au-dessous en vertu de sa tendance à l'équilibre, sollicité en outre par l'air environnant qui le presse sur les côtés, s'approche de la toupie, s'élève en tournant en spirale jusqu'à son équateur pour y remplacer le fluide qui en est sans cesse éloigné, et en s'approchant et en s'élevant ainsi, il entraîne les objets légers qu'il rencontre et les fait tourner avec lui; mais aussitôt que ces corps légers pénètrent dans le courant divergent, ils sont éloignés en ligne directe.

Non-seulement une simple plume est repoussée entre *a* et *b* par le courant divergent, mais encore un petit ballon en baudruche de plus de 5 centimètres de diamètre et du poids de près d'un demi-gramme, tenant à un fil de soie fixé par son extrémité opposée dans le prolongement de l'axe de la toupie, est chassé à plus de 12 centimètres de la circon-

férence de cette toupie : à cette distance, il tourne autour du moteur et dans le sens du mouvement de rotation de celui-ci. Mais le mouvement de rotation du ballon est contraire à celui de la toupie ; car le mouvement imprimé à l'air se perdant insensiblement par la communication, a plus d'intensité du côté interne du ballon que du côté externe. Nous verrons dans le chapitre VII, qu'il n'en est pas de même à l'égard de l'eau.

Le disque d'air divergent fait aussi tourner avec lui un anneau léger de papier tenu par un fil autour de la toupie et à la hauteur de son ventre.

CHAPITRE II.

Considérations sur les mouvemens des astres dans le vide.

Jusqu'ici les mouvemens circulaires des planètes autour du soleil ont été expliqués dans l'hypothèse : 1°. qu'ils ont lieu, ou dans des fluides subtils que nous ne connoissons point, ou dans le vide que nous ne connoissons guère mieux, en vertu d'une impulsion primitive et unique donnée à chacune d'elles ; 2°. et que ces astres bien que se mouvant dans le vide tendent vers le soleil ; car les observations ont fait connoître que le soleil influoit non-seulement sur les mouvemens des planètes (1), mais encore sur les mers que ces

(1) Non-seulement le soleil agit par son attraction sur tous ces globes (*les planètes et les comètes*) en les forçant à se mouvoir autour de lui, mais il répand sur eux sa lumière et sa chaleur. (*Expos. du Système du monde*, t. 2, p. 418.)

planètes renferment (1). Cependant, comment accorder cette influence avec le vide universel? Quelle action réciproque peuvent avoir les uns sur les autres des astres séparés par le vide infini et qui, par conséquent, ne peuvent communiquer entre eux par aucun intermédiaire? Comment concevoir le mouvement circulaire, inaltérable, sans fin et prodigieusement rapide des planètes et de leurs atmosphères dans l'espace infini que rien n'occupe et où, par conséquent, il n'existe aucune chose sensible qui puisse déterminer ces astres à se détourner sans cesse de la ligne directe? Comment, enfin, la lumière et la chaleur que nous procure si abondamment l'astre du jour pourroient-elles être entretenues, se conserver toujours avec la même intensité dans le vide, et nous parvenir avec une extrême vitesse, si elles devoient avant tout se répandre dans cet abîme sans fin.

L'existence du vide nous paroît aussi inconcevable que les bornes de l'univers. Il y a dans cette hypothèse et dans l'isolement qui en est la suite, quelque chose d'absolument contraire à toutes nos connoissances, à toutes les notions que nous pouvons avoir sur la nature et l'existence des êtres, sur leur formation et leur accroissement; quelque chose enfin d'opposé aux idées d'ordre et d'ensemble.

On observe que dans la nature tout change, tout se renouvelle, que la variété des combinaisons y est infinie; il est donc contraire à nos idées de penser qu'il existe des êtres du premier ordre, isolés et destinés néanmoins à prendre de l'accroissement et à subsister éternellement par eux-mêmes.

---

(1) Voyez dans le même ouvrage les chapitres du flux et du reflux de la mer.

Ainsi, dans cette supposition, la même matière devroit servir toujours aux mêmes usages sans s'altérer, sans diminuer, ce qui est sans exemple; car il faudroit repousser toutes combinaisons et par conséquent toute idée de génération, d'accroissement, etc.

D'après ce que nous voyons et ce que nous connoissons, il est bien plus difficile de se faire une idée supportable du vide universel dont nous ne pouvons citer aucun exemple assez satisfaisant pour servir ici de comparaison, que de concevoir le *plein absolu* dont nous sommes convaincus en partie puisque nous le sentons autour de nous et dans nous sous plusieurs formes; que nous pouvons en imaginer une partie en mouvement par des moyens très-naturels, et parce que tous les corps organisés et vivans à la surface de la terre ne peuvent exister dans leur intégrité que dans l'eau ou dans l'air, dont la partie respirable ne me paroît être que de l'eau ayant reçu une préparation particulière propre aux êtres vivans terrestres et propre à la combustion.

Il est donc très-probable que les astres qui font une énorme consommation de fluides aériformes par des combinaisons de toutes sortes, ne pourroient exister dans le vide, y réparer leurs pertes de tous les instans et y conserver leurs atmosphères à l'état d'élasticité; car nous ne connoissons aucun fluide aérien, qui par sa rareté perdant entièrement son ressort, soit capable, en cet état, de contenir et de comprimer le fluide élastique des atmosphères; fonctions, pour le dire en passant, qu'un liquide peut remplir avec avantage.

Si, par exemple, le soleil étoit entouré du vide, il n'agiroit sur rien, et aucune chose n'agiroit sur lui; il ne pourroit donc

recevoir la matière qui alimente sa chaleur et sa lumière, matière dont il doit faire une immense consommation et qui s'épuiseroit bientôt s'il la tiroit de sa propre substance (1): car, nous ne connoissons aucune lumière permanente et d'un éclat éblouissant qui ne soit le résultat d'une combustion très-active.

De même, si la lune est hors de l'atmosphère terrestre, si elle-même est sans atmosphère au milieu du vide, elle ne peut avoir aucune influence sur la terre; comment pourroit-elle repousser ou attirer si elle ne touche rien? Donc l'existence du vide universel que nous ne pouvons prouver par aucun moyen, est purement hypothétique; il est évident que l'on ne peut expliquer par lui, ni la permanence de la lumière et de la chaleur, ni les attractions et les répulsions solaires, ni la perpetuité et la régularité des mouvemens circulaires des corps célestes.

CHAPITRE III.

De quelques observations astronomiques très-importantes.

Il est remarquable que les observations du célèbre astronome Herschell sur le soleil, les planètes, les comètes et les nébuleuses (2), n'aient pas fait renoncer ouvertement aux

(1) « Le soleil, soit à cause de l'extrême ténuité de la lumière, soit parce que » cet astre *répare la perte qu'il éprouve par des moyens jusqu'ici inconnus*; il est » certain que depuis deux mille ans sa substance n'a pas diminué d'un deux-» millionième. » (*Exp.*, t. 2, p. 214.)

(2) Observations astronomiques relatives à la construction du ciel, par W. Her-

anciennes opinions sur le vide universel et qu'on n'ait pas cherché quelques moyens probables, basés sur ces observations, pour expliquer l'influence du soleil sur les planètes et la permanence de sa chaleur et de sa lumière.

La variété et l'irrégularité singulières que l'on remarque dans les formes des nébulosités observées par cet habile physicien ; la position constante de ces corps entre eux ; les mouvemens intestins dont ils sont agités ; leur tendance vers la sphéricité dès qu'ils ont acquis un noyau, et enfin l'état de phosphorescence de plusieurs (1), prouvent qu'une cause mécanique maintient ces nébulosités dans leur place respective ; qu'elles tiennent à une matière solide qui les environne, avec laquelle elles ont de l'affinité et dont elles peuvent dissoudre quelques parties pour former avec la substance dissoute, dans un point convenable, des combinaisons donnant naissance à un noyau solide et au dégagement de la lumière et de la chaleur. Ces nébulosités devenant par là plus libres prennent peu à peu la forme ronde de la manière que nous indiquerons plus loin (2).

Suivant M. Herschell, « la *propriété lumineuse spontanée* existe dans l'immensité de matière lumineuse que

---

schell. (*Journ. de Phys.*, août 1812.) — Observations sur la comète de 1811, par le même. (*J. de Phys.*, t. 77.)

(1) Nous croyons qu'il peut exister à l'état d'obscurité complète une grande quantité de matière nébuleuse.

(2) M. Herschell dit, dans le Mémoire cité, « que lorsque les nébuleuses ont » un noyau, c'est une marque qu'elles sont déjà parvenues à un haut degré de » condensation et *que leur figure est alors sphérique*, quelle qu'ait pu être la » figure originale. »

» nous découvrons dans les espaces célestes. » (*Bibl. britan.* 1812.) Mais nous n'avons aucune idée de matière ayant la propriété d'être toujours lumineuse par elle-même. Suivant nos connoissances, un lumière durable est inséparable des phénomènes de la combustion, et ne peut être produite que dans l'air et par la combinaison de différens fluides, au nombre desquels doit être surtout l'oxigène ; et pour que cette lumière soit permanente, il est nécessaire que la quantité de ces fluides soit constamment entretenue au même point.

D'un autre côté, il ne nous paroît pas vraisemblable qu'une nébulosité qui parvient à avoir un centre d'attraction lumineux et une atmosphère dont le fluide fondamental doit être incombustible, ait en elle-même tous les élémens nécessaires pour former le noyau d'un astre.

Quant à la comète de 1811, M. Herschell a observé que le *corps planétaire* avoit environ 140 lieues de diamètre ; qu'il étoit entouré d'une lumière bleue verdâtre très-vive au centre et graduellement décroissante vers la circonférence appelée *tête de la comète*, dont le diamètre pouvoit avoir 42,000 lieues, et enfin que *l'atmosphère transparente* de cette comète étoit *ronde, élastique et bornée par une enveloppe lumineuse et concentrique visible surtout du côté opposé au soleil, ayant de diamètre, à compter du bord extérieur, environ* 214,000 *lieues* (Jour. de Phys.) (1). Je présume que cette atmosphère si grande est dilatée par la chaleur et qu'elle doit diminuer un peu en se refroidissant.

---

(1) On trouve dans l'Histoire céleste de Lemonnier que de semblables observations furent faites sur la comète de 1680.

Ce grand observateur pense que les comètes sont des planètes qui se forment; il regarde comme n'étant point invraisemblable l'idée que la matière cométaire appartenoit originairement à une nébulosité.

Suivant lui, « la matière nébuleuse qui probablement, » lorsque la comète est loin du périhélie, demeure rassem» blée sous forme sphérique autour de la tête doit se raréfier » beaucoup en approchant du soleil, et s'élever dans l'atmo» sphère cométique jusqu'à un certain niveau, où elle *peut* » *demeurer suspendue pendant quelque temps*, exposée » comme elle l'est à l'action continuelle du soleil, etc. Cette » forte lumière, dit-il, en parlant de l'enveloppe lumineuse de » l'atmosphère cométique, *et sa couleur jaune, si diffé-* » *rente de celle de la tête*, est due probablement au mé» lange de la matière phosphorique avec celle de l'atmosphère, » etc. » (Bibl. britan., juin 1813.)

Cette matière phosphorique dont parle M. Herschell, séparée par de grandes distances de tout corps combustible, luisant néanmoins d'une manière permanente, est inconnue sur la terre : nous ne pouvons concevoir que le fluide lumineux d'un corps puisse s'en détacher, s'en éloigner à des distances prodigieuses, et rester ainsi, en continuant de luire, suspendu pendant long-temps.

De toutes les observations nombreuses et extrêmement intéressantes de M. Herschell sur cette comète, on peut inférer, selon nous, 1°. que l'atmosphère cométique est entourée par *un liquide transparent et mobile*, qui lui donne sa forme sphérique et son élasticité en la comprimant de

toutes parts (1); 2°. que *la lumière jaune* enveloppant un peu moins de la moitié de cette atmosphère, du côté non éclairé par le soleil, n'est autre chose que la lumière de la tête réfléchie par la partie de la surface concave du liquide qui est dans l'ombre par rapport au soleil; 3°. qu'une partie de cette même lumière de la tête pénétrant le liquide dans l'ombre occasionnée par la nébulosité de la comète (2), y produit *un cône lumineux aussi jaunâtre* s'élargissant à mesure qu'il s'éloigne du corps cométaire et perdant de sa lumière dans la même proportion, dont les côtés sont tangentiels à la calotte hémisphérique éclairée, ou réfléchissante, et dont la longueur n'a d'autres limites que l'affoiblissement qu'éprouve un fluide lumineux en se propageant dans un milieu diaphane très-dense.

Telle est, suivant nous, la cause de la queue si remarquable des comètes; et cette conjecture est d'autant plus probable que cette queue, dont la longueur peut aller à plusieurs millions de lieues, est en ligne droite toujours diamétralement opposée au soleil et tient constamment à la calotte lumineuse de l'atmosphère cométique sans qu'il s'en détache une seule partie; séparation qui vraisemblablement auroit lieu quelquefois si cette queue étoit formée par des vapeurs.

---

(1) La chose n'est point invraisemblable; car, outre les observations citées qui viennent à l'appui, nous savons que des bulles d'air, quelque grandes qu'elles soient, peuvent exister dans l'eau sans se mêler avec elle, si l'on parvient à les fixer dans ce liquide.

(2) Car les rayons du soleil qui arrivent obliquement, en passant de l'eau dans l'atmosphère cométique sont considérablement éloignés de la ligne qui joint les centres des deux astres.

D'ailleurs, des vapeurs pourroient-elles se soutenir long-temps dans le vide, et s'étendre en ligne droite à d'aussi prodigieuses distances; ne seroient-elles pas condensées ou dissipées long-temps auparavant (1)?

Quant à la courbure apparente de leur queue, voici ce qu'en dit M. Biot, dans son Mémoire si intéressant sur les aurores boréales : « Les immenses traînées de vapeurs lumineuses qui » forment les queues des comètes *semblent pliées circulaire-» ment* sur la voûte céleste, *quoiqu'elles s'étendent réelle-» ment en ligne droite dans l'espace.* » (J. des Sav., juin 1820.)

On sent qu'il y a telle position de la comète par rapport au soleil et à la terre qui ne permet plus à la queue, bien qu'existante encore, d'être visible pour nous.

M. Herschell a aussi observé (et je dois le faire remarquer pour mes explications subséquentes), que la lumière de la tête de la comète n'étoit point le produit de l'incendie du corps planétaire. Long-temps auparavant il avoit vu aussi, ce que d'autres astronomes ont remarqué après lui, que la *lumière du soleil n'avoit point pour cause l'embrâsement du noyau de cet astre.*

CHAPITRE IV.

De l'eau et de l'air.

Considérons d'abord l'eau et l'air sous les points de vue nouveaux que nous venons de supposer.

---

(1) Selon nous, rien ne justifie la supposition d'Euler et de quelques autres physiciens qui fait consister la queue des comètes dans la matière lumineuse chassée par les rayons solaires à d'immenses distances.

L'eau est incompressible (1), transparente, sans couleur, jouit d'une grande mobilité et de la propriété de réfléchir et de réfracter la lumière. C'est un composé de gaz oxigène et de gaz hydrogène ; sa matière est nécessaire à la lumière ; combinée dans les solides, elle est la cause de la phosphorescence. Ce liquide est très-abondant sur la terre et même dans l'air dont il augmente l'élasticité et qui *paroît en être saturé* : il est nécessaire à l'existence de tous les êtres, c'est le séjour nécessaire du plus grand nombre des animaux ; l'autre partie et les végétaux le respirent sans cesse modifié sous la forme de gaz.

Dans ces deux états (*liquide ou gaz*) ; il est sans cesse consommé à la surface de la terre où il entre dans une infinité de combinaisons. L'analogie la plus spécieuse nous porte à croire que la consommation est la même dans tous les astres semblables à la terre ; qu'elle y est seulement proportionnelle à la grosseur de ces astres ; mais qu'elle est infiniment plus grande dans les soleils ; il faut donc que cette matière, qui ne paroît pas diminuée, quoique les combinaisons dans lesquelles elle entre nous soient en partie connues, ait une source pour ainsi dire inépuisable.

Par la congélation, l'eau est à l'abri de toute altération ; c'est son état de repos ; mais à l'état liquide elle a besoin d'un mouvement d'une rapidité proportionnelle à sa température pour se conserver saine. Ainsi aux pôles de la terre

---

(1) Cependant M. Derkins a trouvé que ce liquide étant comprimé par une force égale à 326 atmosphères diminuoit de $\frac{1}{45}$ de son volume. (*Annales générales des Sciences physiques*, octobre 1820.)

où le mouvement est foible, de même que la pression atmosphérique, l'eau y est toujours glacée; et au fond de la mer, où les courans sont peu sensibles, il est nécessaire que la température de l'eau y soit plus basse qu'à la surface.

L'eau ne devient liquide que par une addition de calorique sensible dont elle absorbe une grande quantité. Elle a aussi la propriété d'absorber de l'air et *de s'en saturer à son tour*; ce dernier fluide dissous dans l'eau a une densité à peu près égale à celle du liquide; il tend donc à écarter les différentes couches d'eau à mesure qu'elles passent à l'état solide.

«La glace d'eau salée est blanche, poreuse et opaque, excepté en morceaux fort minces. La lumière qui la traverse est verdâtre, etc. Celle d'eau douce se reconnoît facilement en mer par son aspect noirâtre, sa belle couleur verte et une *transparence parfaite* quand on la retire de l'eau. On en voit quelquefois de larges pièces qui ne le cèdent pas au *plus beau cristal, et dont on peut se servir pour concentrer les rayons du soleil.*» (Annales de chimie, mai 1817.)

Dans la congélation de l'eau, une partie de l'air contenue dans ce liquide s'échappe dans l'atmosphère; une autre partie forme dans la glace *des bulles aériennes* plus ou moins considérables suivant les circonstances. L'air renfermé dans ces bulles est ordinairement plus condensé que dans son état de liberté; de là, sans doute, sa propriété de fondre une certaine quantité de glace.

Il nous paroît probable que les eaux si considérables des pôles de la terre doivent, en se congelant, donner lieu à la séparation d'une grande quantité d'air; que cette glace se formant dans ces contrées rigoureuses avec une grande prompti-

tude et commençant, je pense, à la superficie, la plus grande partie de l'air contenu dans le liquide ne peut s'échapper au dehors; il reste donc renfermé en masses plus ou moins grandes dans les glaces ou dans les cavités de la terre. Cet air, séparé de la sorte et fortement condensé par le froid, peut produire dans la suite, après avoir dissous une partie des glaces et en se dégageant promptement, soit les aurores boréales (1) (voyez le chap. VI), soit même les tremblemens de terre et les éruptions volcaniques (2), en pénétrant tout à coup, seul ou accompagné d'eau, dans les cavités souterraines. Car, en se mêlant avec les gaz inflammables (3) contenus dans les cavités, il doit s'y échauffer, s'y dilater, décomposer les eaux en élevant leur température et sortir ensuite avec impétuosité par les ouvertures qu'il rencontre. Or, on sait que l'air refoulé produit de la lumière, qu'il s'enflamme aussi en s'échappant rapidement (4).

Le brouillard sec et fétide de 1783 n'eut peut-être pas d'autre cause que la poussière fine engendrée dans des cavités sèches de la terre par diverses combinaisons et chassée avec force par une masse d'air qui aura pénétré tout à coup dans ces souterrains.

---

(1) « La première observation d'une aurore boréale date d'un siècle après la » fixation des glaces sur les côtes du Groënland. On présume que ces météores » doivent, sinon leur existence même, du moins leur intensité aux variations des » glaces polaires. (*Biblioth. univ.*, mai 1818.)

(2) V. dans le Journal des savans (1820) les considérations sur la nature et les causes de l'aurore boréale, par M. Biot.

(3) Le gaz oxigène et le gaz acide carbonique d'après leur pesanteur spécifique doivent y être très-abondans.

(4) Je ne puis croire à un feu permanent dans les entrailles de la terre, à cause de sa vertu essentiellement destructive. Les éruptions volcaniques, les tremblemens de terre, n'étant que transitoires, doivent avoir aussi une cause de même nature.

L'air atmosphérique est invisible, compressible, élastique et pesant ; il ne peut être réduit à l'état solide par la pression et le froid : l'étendue de sa dilatation, depuis la température de la glace fondante jusqu'à celle de l'eau bouillante, est égale à un peu moins du tiers de son volume (1). Il est composé d'environ quatre cinquièmes de gaz azote, et d'un cinquième de gaz oxigène. Ce dernier est le plus pesant des deux gaz, le plus propre à la vie et à la combustion.

L'oxigène est un fluide élastique, invisible et insoluble dans l'eau ; il est susceptible de passer à la décomposition lumineuse et de produire de la chaleur par la pression, ou par son union avec le gaz hydrogène. Il jouit seul de la propriété de devenir lumineux (2).

Les principales propriétés de l'azote (je ne parle point des diverses combinaisons dans lesquelles il entre) sont aussi d'être *invisible*, et, de plus, d'être *incombustible*, *insoluble dans l'eau* et propre au contraire à dissoudre ce liquide en lui donnant sa forme et à peu près sa densité ; surtout s'il est pressé par ce liquide et s'il est, en même temps, favorisé par une haute température.

CHAPITRE V.

Considérations sur l'état de l'univers en supposant que tout y soit plein.

Nous allons maintenant partir de cet ensemble d'observations et des expériences que nous avons faites pour établir

(1) Nous ne pouvons connoître qu'imparfaitement les effets de la distribution de la chaleur dans une grande masse d'air comme est celle de l'atmosphère d'un astre.

(2) Fait remarqué par M. de Saissy, membre de l'académie de Lyon. (*Journ. de Phys.*, février 1820.)

notre système qui, peut-être, ne sera pas plus celui de la nature que bien d'autres qui l'ont précédé; mais où nous espérons n'employer que des causes mécaniques, mises à la portée de tout lecteur un peu instruit.

Nous croyons que *l'univers est rempli par l'eau, l'air* et *le calorique*, et que ces trois substances combinées diversement entre elles ont pu suffire pour créer tous les êtres, et leur imprimer le mouvement. En conséquence, *la matière la plus universelle peut bien être de l'eau à l'état de glace hors des systèmes solaires et à l'état liquide dans ces systèmes, où, environnant les atmosphères des astres, elle jouiroit d'un mouvement circulaire perpétuel en vertu de la chaleur et de la rotation des soleils. Dans ce cas, les atmosphères n'auroient été autre chose primitivement que d'immenses et informes masses aériennes, ou des nébulosités, qui se seroient séparées des eaux lors de la congélation générale, et qui, dans la suite des temps, se seroient dégagées des glaces, par la fusion d'une partie de cette glace; les comètes, des nébulosités plus récemment dégagées; et les nébulosités proprement dites, des masses aériennes, encore plus ou moins fixées dans la glace.*

L'eau liquide qui environne les atmosphères des astres, et que nous nommons *liquide sidéral*, doit avoir des bornes, autrement les mouvemens qui lui sont imprimés par la rotation des soleils se perdroient dans l'espace infini, sans avoir tous les résultats nécessaires: la chaleur et la lumière de chaque soleil se perdroient aussi dans ce vague de l'infini et la compression des atmosphères seroit égale pour toutes les espèces d'astres. D'un autre côté, une aussi prodigieuse masse d'eau

à l'état liquide et n'ayant de mouvement que dans quelques points se corromproit dans un repos permanent : il est donc nécessaire que la plus grande partie soit à l'état de glace et qu'il n'y ait de liquide que celle qui peut être mise en mouvement par la chaleur et la rotation des soleils (1).

Comme la faculté dissolvante de l'air est en raison de sa température et de la pression qu'il éprouve, et que nous considérons les nébulosités comme des masses d'air engagées dans les glaces ; il arrive que ces masses, dans lesquelles l'air se trouve comprimé, fondent une partie de la glace contiguë. Lorsque l'eau provenant de cette fonte est assez abondante pour environner, comprimer de toutes parts et arrondir les nébulosités, une plus grande quantité de molécules liquides est absorbée et poussée vers le centre de ces masses aériennes, en vertu de la pression exercée également sur tous les points de leur surface par le liquide. Ces molécules converties en gaz dans leur trajet, se trouvant refoulées au centre de la nébulosité, produisent la lumière, la chaleur et le mouvement, et par des combinaisons de toutes sortes formant tantôt des solides, tantôt des liquides, donnent ainsi naissance aux noyaux des astres (2).

---

(1) Cette hypothèse peut avoir, selon moi, quelques rapports avec la création, telle qu'elle est indiquée dans la Genèse. L'univers à l'état liquide peut très-bien représenter le chaos : alors le Tout-Puissant put dire aux élémens de se séparer ; par cette injonction une partie de l'air se sépara des eaux avec le calorique ; la plus grande partie de ces eaux passa à l'état de glace, l'autre partie resta liquide et environna les masses d'air. De là s'ensuivit nécessairement la création des astres et de tout ce qui en est la suite.

(2) Suivant nous, les nébulosités à plusieurs noyaux ont été dans l'origine différentes masses aériennes voisines qui se seront réunies par la fusion des glaces

la plus grande partie de l'atmosphère, ne peut être contenu et comprimé que par un autre fluide d'une densité supérieure à la sienne et égale à celle de l'eau; donc l'azote qui est incombustible, insoluble dans l'eau et, de plus, propre à dissoudre ce liquide, est *le fluide fondamental* de l'atmosphère.

L'oxigène étant plus pesant que l'azote avec lequel il a peu d'adhérence, quoiqu'il y ait entre eux attraction réciproque ; sa rareté augmentant proportionnellement à l'éloignement de la surface du globe ; ayant une base qui dans quelques circonstances se change en eau ; étant continuellement absorbé à la surface de la terre par les corps vivans, par les corps embrasés et par les autres corps terrestres qui s'en nourrissent pour ainsi dire (1) ; se combinant sans cesse, soit avec ces corps, soit dans l'air avec d'autres gaz, et se renouvelant continuellement, puisque rien n'annonce qu'il diminue, on doit croire, 1°. que les molécules de l'oxigène prennent leur source dans le liquide sidéral et que, à raison de la pression exercée sur la surface de l'atmosphère, de leur pesanteur spécifique et de leur tendance à l'équilibre, ces molécules doivent toutes se diriger naturellement et en convergeant vers la terre, où elles forment des couches d'autant plus denses qu'elles sont plus près de la surface du globe; elles doivent ainsi constituer une partie du poids de l'atmosphère et probablement une partie de sa température, vu

(1) Les plus grandes combinaisons se sont toujours faites vers l'équateur de la terre ; ce qui peut être une des causes de l'augmentation du diamètre du globe dans cette partie.

que la pression de l'air produit de la chaleur; 2°. que ce gaz mêlé ainsi avec l'azote, forme autour du globe, mais seulement dans la partie inférieure de l'atmosphère, un fluide distinct (*fluide oxigéné*) contenant les principaux élémens de la vie, et dont la hauteur au-dessus de la terre est peut-être celle de 60,000 mètres que l'on a observé; 3°. que le gaz hydrogène engendré abondamment sur la terre et dans l'atmosphère, doit former à une grande hauteur des couches concentriques, arriver même en grande quantité jusqu'à la surface du fluide oxigéné où il est arrêté par la presque homogénéïté et la densité à peu près uniforme du fluide fondamental de l'atmosphère au-dessus de cette surface; c'est peut-être lui surtout qui formant cette surface nous la rend visible en réfléchissant les rayons bleus en plus grande quantité que les autres; c'est peut-être lui encore qui, en raison de sa grande force réfringente, fait infléchir les rayons lumineux vers la terre (1).

---

(1) Je regarde l'hydrogène et même le fluide électrique comme du calorique dégagé de certains corps, soit par la combustion, soit par des combinaisons, soit par le frottement, et combiné avec une matière humide qui l'enveloppe pour ainsi dire. C'est ce que nous nous proposons de prouver bientôt dans un Mémoire particulier; nous expliquerons en même temps, d'une manière plausible (du moins nous en avons l'espérance), la cause des attractions magnétiques et celle de la direction, à peu près constante, de l'aiguille aimantée.

De très-grands physiciens, par des considérations particulières, croient qu'on ne doit pas admettre de couches de gaz hydrogène aux limites de l'atmosphère (*Journ. de Phys.*, mai 1808). Cependant l'existence d'une ou de plusieurs couches de ce fluide, à une très-grande hauteur dans l'atmosphère, me semble démontrée par les phénomènes de l'aurore boréale; car l'épais brouillard, composé sans doute de matières inflammables, qui se montre d'abord en forme de segment de cercle se terminant quelquefois par un ou plusieurs arcs lumineux concen-

Comme le fluide oxigéné retient la chaleur et l'empêche de se répandre uniformément à la surface de la terre à mesure qu'elle arrive, il est probable d'après cela, que toutes les agitations de l'air que nous connoissons se passent dans son sein et ne s'étendent guère au-delà. Nous faisons exception des courans aériens permanens dont nous allons parler.

L'air dilaté par la chaleur et la force centrifuge, particulièrement dans les zônes voisines de l'équateur, étant ainsi continuellement sollicité à monter, non-seulement par sa moindre pesanteur spécifique, mais encore par les nouveaux fluides dilatés qui se forment sans cesse, ne peut pas redescendre par le même chemin qu'il a suivi en s'élevant (j'appelle *courant divergent* ce mouvement ascendant de l'air). Arrivé aux confins de l'atmosphère, ce courant, qui doit former un disque s'élargissant vers ses extrémités, se divise en deux parts qui descendent vers les pôles de l'atmosphère, retournent ensuite de là vers l'équateur terrestre, formant ainsi des contre-courans pôlaires. Ainsi s'établit dans l'atmosphère une sorte de circulation. Cet air des contre-courans

---

triques (arcs qui semblent se multiplier à mesure que les gaz inflammables s'avancent vers le zénith), reçoit peut-être cette forme circulaire et la lumière blanchâtre qui le borde de la surface du fluide oxigéné à laquelle il parvient. Si à cette surface il y a une couche de gaz hydrogène ou de fluide électrique, et si l'on admet, comme on le doit, un courant aérien permanent qui du pôle boréal de l'atmosphère se porte vers l'équateur, il sera naturel de penser que les jets phosphoriques qui partent alors du segment obscur et de ses arcs lumineux, et se dirigent vers le sud-est, sont produits par le fluide de cette couche de gaz hydrogène que la matière inflammable du brouillard rencontre; que les lueurs phosphoriques suivent ces couches qui paroissent sillonnées par le courant boréal jusqu'à ce qu'elles rencontrent le courant divergent atmosphérique. (Voyez le chap. IV.)

ne pénètre point le fluide dilaté de l'équateur, il ne fait que le remplacer (1).

Si nous jugeons de l'atmosphère terrestre par celle des comètes (2), elle doit être très-grande, et certainement, pendant la formation de la terre, elle l'a été encore davantage, ou elle étoit plus élastique, puisqu'elle devoit être alors dilatée par une très-forte chaleur. Une petite atmosphère seroit trop facilement comprimée par le liquide environnant et n'auroit pu fournir, dans le principe, assez de gaz pour entretenir l'astre à l'état lumineux et lui donner l'existence par les diverses combinaisons de ces gaz; et il est probable qu'il s'en fait encore une grande consommation par les animaux et les végétaux qui semblent, à cet égard et jusqu'à un certain point, avoir remplacé l'embrâsement par lequel ces gaz étoient auparavant consumés. Rien ne prouve d'ailleurs que les atmosphères aient jamais diminué autrement que par l'abaissement de leur température, et tout tend à faire croire que dans le temps présent, la température de l'atmosphère terrestre est à peu près ce qu'elle sera toujours et que les gaz y sont constamment entretenus en même quantité; que le liquide sidéral est saturé d'air comme le fluide atmosphérique est saturé d'eau; que ce dernier fluide n'absorbe de nouvelles molécules liquides qu'à proportion de la consommation qui s'en fait sur la terre.

---

(1) (V. dans l'Expos. du Syst. du Monde le chap. des oscillations de l'atmosphère, t. 2, p. 174.)

(2) Quoique le noyau des comètes soit très-petit et peu dense, leurs atmosphères, dilatées vraisemblablement par la chaleur, ont une grande étendue. (V. les *Observations d'Herschell sur la comète de* 1811.)

Comme le fluide oxigéné retient la chaleur et l'empêche de se répandre uniformément à la surface de la terre à mesure qu'elle arrive, il est probable d'après cela, que toutes les agitations de l'air que nous connoissons se passent dans son sein et ne s'étendent guère au-delà. Nous faisons exception des courans aériens permanens dont nous allons parler.

L'air dilaté par la chaleur et la force centrifuge, particulièrement dans les zônes voisines de l'équateur, étant ainsi continuellement sollicité à monter, non-seulement par sa moindre pesanteur spécifique, mais encore par les nouveaux fluides dilatés qui se forment sans cesse, ne peut pas redescendre par le même chemin qu'il a suivi en s'élevant (j'appelle *courant divergent* ce mouvement ascendant de l'air). Arrivé aux confins de l'atmosphère, ce courant, qui doit former un disque s'élargissant vers ses extrémités, se divise en deux parts qui descendent vers les pôles de l'atmosphère, retournent ensuite de là vers l'équateur terrestre, formant ainsi des contre-courans pôlaires. Ainsi s'établit dans l'atmosphère une sorte de circulation. Cet air des contre-courans

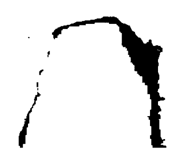
---

triques (arcs qui semblent se multiplier à mesure que les gaz inflammables s'avancent vers le zénith), reçoit peut-être cette forme circulaire et la lumière blanchâtre qui le borde de la surface du fluide oxigéné à laquelle il parvient. Si à cette surface il y a une couche de gaz hydrogène ou de fluide électrique, et si l'on admet, comme on le doit, un courant aérien permanent qui du pôle boréal de l'atmosphère se porte vers l'équateur, il sera naturel de penser que les jets phosphoriques qui partent alors du segment obscur et de ses arcs lumineux, et se dirigent vers le sud-est, sont produits par le fluide de cette couche de gaz hydrogène que la matière inflammable du brouillard rencontre; que les lueurs phosphoriques suivent ces couches qui paroissent sillonnées par le courant boréal jusqu'à ce qu'elles rencontrent le courant divergent atmosphérique. (Voyez le chap. IV.)

Comme le fluide oxigéné retient la chaleur et l'empêche de se répandre uniformément à la surface de la terre à mesure qu'elle arrive, il est probable d'après cela, que toutes les agitations de l'air que nous connoissons se passent dans son sein et ne s'étendent guère au-delà. Nous faisons exception des courans aériens permanens dont nous allons parler.

L'air dilaté par la chaleur et la force centrifuge, particulièrement dans les zônes voisines de l'équateur, étant ainsi continuellement sollicité à monter, non-seulement par sa moindre pesanteur spécifique, mais encore par les nouveaux fluides dilatés qui se forment sans cesse, ne peut pas redescendre par le même chemin qu'il a suivi en s'élevant (j'appelle *courant divergent* ce mouvement ascendant de l'air). Arrivé aux confins de l'atmosphère, ce courant, qui doit former un disque s'élargissant vers ses extrémités, se divise en deux parts qui descendent vers les pôles de l'atmosphère, retournent ensuite de là vers l'équateur terrestre, formant ainsi des contre-courans pôlaires. Ainsi s'établit dans l'atmosphère une sorte de circulation. Cet air des contre-courans

triques (arcs qui semblent se multiplier à mesure que les gaz inflammables s'avancent vers le zénith), reçoit peut-être cette forme circulaire et la lumière blanchâtre qui le borde de la surface du fluide oxigéné à laquelle il parvient. Si à cette surface il y a une couche de gaz hydrogène ou de fluide électrique, et si l'on admet, comme on le doit, un courant aérien permanent qui du pôle boréal de l'atmosphère se porte vers l'équateur, il sera naturel de penser que les jets phosphoriques qui partent alors du segment obscur et de ses arcs lumineux, et se dirigent vers le sud-est, sont produits par le fluide de cette couche de gaz hydrogène que la matière inflammable du brouillard rencontre; que les lueurs phosphoriques suivent ces couches qui paroissent sillonnées par le courant boréal jusqu'à ce qu'elles rencontrent le courant divergent atmosphérique. (Voyez le chap. IV.)



ne pénètre point le fluide dilaté de l'équateur, il ne fait que le remplacer (1).

Si nous jugeons de l'atmosphère terrestre par celle des comètes (2), elle doit être très-grande, et certainement, pendant la formation de la terre, elle l'a été encore davantage, ou elle étoit plus élastique, puisqu'elle devoit être alors dilatée par une très-forte chaleur. Une petite atmosphère seroit trop facilement comprimée par le liquide environnant et n'auroit pu fournir, dans le principe, assez de gaz pour entretenir l'astre à l'état lumineux et lui donner l'existence par les diverses combinaisons de ces gaz ; et il est probable qu'il s'en fait encore une grande consommation par les animaux et les végétaux qui semblent, à cet égard et jusqu'à un certain point, avoir remplacé l'embrâsement par lequel ces gaz étoient auparavant consumés. Rien ne prouve d'ailleurs que les atmosphères aient jamais diminué autrement que par l'abaissement de leur température, et tout tend à faire croire que dans le temps présent, la température de l'atmosphère terrestre est à peu près ce qu'elle sera toujours et que les gaz y sont constamment entretenus en même quantité ; que le liquide sidéral est saturé d'air comme le fluide atmosphérique est saturé d'eau ; que ce dernier fluide n'absorbe de nouvelles molécules liquides qu'à proportion de la consommation qui s'en fait sur la terre.

---

(1) (V. dans l'Expos. du Syst. du Monde le chap. des oscillations de l'atmosphère, t. 2, p. 174.)

(2) Quoique le noyau des comètes soit très-petit et peu dense, leurs atmosphères, dilatées vraisemblablement par la chaleur, ont une grande étendue. (V. les *Observations d'Herschell sur la comète de* 1811.)

Comme le fluide oxigéné retient la chaleur et l'empêche de se répandre uniformément à la surface de la terre à mesure qu'elle arrive, il est probable d'après cela, que toutes les agitations de l'air que nous connoissons se passent dans son sein et ne s'étendent guère au-delà. Nous faisons exception des courans aériens permanens dont nous allons parler.

L'air dilaté par la chaleur et la force centrifuge, particulièrement dans les zônes voisines de l'équateur, étant ainsi continuellement sollicité à monter, non-seulement par sa moindre pesanteur spécifique, mais encore par les nouveaux fluides dilatés qui se forment sans cesse, ne peut pas redescendre par le même chemin qu'il a suivi en s'élevant (j'appelle *courant divergent* ce mouvement ascendant de l'air). Arrivé aux confins de l'atmosphère, ce courant, qui doit former un disque s'élargissant vers ses extrémités, se divise en deux parts qui descendent vers les pôles de l'atmosphère, retournent ensuite de là vers l'équateur terrestre, formant ainsi des contre-courans pôlaires. Ainsi s'établit dans l'atmosphère une sorte de circulation. Cet air des contre-courans

---

triques (arcs qui semblent se multiplier à mesure que les gaz inflammables s'avancent vers le zénith), reçoit peut-être cette forme circulaire et la lumière blanchâtre qui le borde de la surface du fluide oxigéné à laquelle il parvient. Si à cette surface il y a une couche de gaz hydrogène ou de fluide électrique, et si l'on admet, comme on le doit, un courant aérien permanent qui du pôle boréal de l'atmosphère se porte vers l'équateur, il sera naturel de penser que les jets phosphoriques qui partent alors du segment obscur et de ses arcs lumineux, et se dirigent vers le sud-est, sont produits par le fluide de cette couche de gaz hydrogène que la matière inflammable du brouillard rencontre; que les lueurs phosphoriques suivent ces couches qui paroissent sillonnées par le courant boréal jusqu'à ce qu'elles rencontrent le courant divergent atmosphérique. (Voyez le chap. IV.)

ne pénètre point le fluide dilaté de l'équateur, il ne fait que le remplacer (1).

Si nous jugeons de l'atmosphère terrestre par celle des comètes (2), elle doit être très-grande, et certainement, pendant la formation de la terre, elle l'a été encore davantage, ou elle étoit plus élastique, puisqu'elle devoit être alors dilatée par une très-forte chaleur. Une petite atmosphère seroit trop facilement comprimée par le liquide environnant et n'auroit pu fournir, dans le principe, assez de gaz pour entretenir l'astre à l'état lumineux et lui donner l'existence par les diverses combinaisons de ces gaz; et il est probable qu'il s'en fait encore une grande consommation par les animaux et les végétaux qui semblent, à cet égard et jusqu'à un certain point, avoir remplacé l'embrâsement par lequel ces gaz étoient auparavant consumés. Rien ne prouve d'ailleurs que les atmosphères aient jamais diminué autrement que par l'abaissement de leur température, et tout tend à faire croire que dans le temps présent, la température de l'atmosphère terrestre est à peu près ce qu'elle sera toujours et que les gaz y sont constamment entretenus en même quantité; que le liquide sidéral est saturé d'air comme le fluide atmosphérique est saturé d'eau; que ce dernier fluide n'absorbe de nouvelles molécules liquides qu'à proportion de la consommation qui s'en fait sur la terre.

---

(1) (V. dans l'Expos. du Syst. du Moude le chap. des oscillations de l'atmosphère, t. 2, p. 174.)

(2) Quoique le noyau des comètes soit très-petit et peu dense, leurs atmosphères, dilatées vraisemblablement par la chaleur, ont une grande étendue. (V. les *Observations d'Herschell sur la comète de* 1811.)

Comme le fluide oxigéné retient la chaleur et l'empêche de se répandre uniformément à la surface de la terre à mesure qu'elle arrive, il est probable d'après cela, que toutes les agitations de l'air que nous connoissons se passent dans son sein et ne s'étendent guère au-delà. Nous faisons exception des courans aériens permanens dont nous allons parler.

L'air dilaté par la chaleur et la force centrifuge, particulièrement dans les zônes voisines de l'équateur, étant ainsi continuellement sollicité à monter, non-seulement par sa moindre pesanteur spécifique, mais encore par les nouveaux fluides dilatés qui se forment sans cesse, ne peut pas redescendre par le même chemin qu'il a suivi en s'élevant (j'appelle *courant divergent* ce mouvement ascendant de l'air). Arrivé aux confins de l'atmosphère, ce courant, qui doit former un disque s'élargissant vers ses extrémités, se divise en deux parts qui descendent vers les pôles de l'atmosphère, retournent ensuite de là vers l'équateur terrestre, formant ainsi des contre-courans pôlaires. Ainsi s'établit dans l'atmosphère une sorte de circulation. Cet air des contre-courans

triques (arcs qui semblent se multiplier à mesure que les gaz inflammables s'avancent vers le zénith), reçoit peut-être cette forme circulaire et la lumière blanchâtre qui le borde de la surface du fluide oxigéné à laquelle il parvient. Si à cette surface il y a une couche de gaz hydrogène ou de fluide électrique, et si l'on admet, comme on le doit, un courant aérien permanent qui du pôle boréal de l'atmosphère se porte vers l'équateur, il sera naturel de penser que les jets phosphoriques qui partent alors du segment obscur et de ses arcs lumineux, et se dirigent vers le sud-est, sont produits par le fluide de cette couche de gaz hydrogène que la matière inflammable du brouillard rencontre; que les lueurs phosphoriques suivent ces couches qui paroissent sillonnées par le courant boréal jusqu'à ce qu'elles rencontrent le courant divergent atmosphérique. (Voyez le chap. IV.)

ne pénètre point le fluide dilaté de l'équateur, il ne fait que le remplacer (1).

Si nous jugeons de l'atmosphère terrestre par celle des comètes (2), elle doit être très-grande, et certainement, pendant la formation de la terre, elle l'a été encore davantage, ou elle étoit plus élastique, puisqu'elle devoit être alors dilatée par une très-forte chaleur. Une petite atmosphère seroit trop facilement comprimée par le liquide environnant et n'auroit pu fournir, dans le principe, assez de gaz pour entretenir l'astre à l'état lumineux et lui donner l'existence par les diverses combinaisons de ces gaz; et il est probable qu'il s'en fait encore une grande consommation par les animaux et les végétaux qui semblent, à cet égard et jusqu'à un certain point, avoir remplacé l'embrâsement par lequel ces gaz étoient auparavant consumés. Rien ne prouve d'ailleurs que les atmosphères aient jamais diminué autrement que par l'abaissement de leur température, et tout tend à faire croire que dans le temps présent, la température de l'atmosphère terrestre est à peu près ce qu'elle sera toujours et que les gaz y sont constamment entretenus en même quantité; que le liquide sidéral est saturé d'air comme le fluide atmosphérique est saturé d'eau; que ce dernier fluide n'absorbe de nouvelles molécules liquides qu'à proportion de la consommation qui s'en fait sur la terre.

---

(1) (V. dans l'Expos. du Syst. du Monde le chap. des oscillations de l'atmosphère, t. 2, p. 174.)

(2) Quoique le noyau des comètes soit très-petit et peu dense, leurs atmosphères, dilatées vraisemblablement par la chaleur, ont une grande étendue. (V. les *Observations d'Herschell sur la comète de* 1811.)

Comme le fluide oxigéné retient la chaleur et l'empêche de se répandre uniformément à la surface de la terre à mesure qu'elle arrive, il est probable d'après cela, que toutes les agitations de l'air que nous connoissons se passent dans son sein et ne s'étendent guère au-delà. Nous faisons exception des courans aériens permanens dont nous allons parler.

L'air dilaté par la chaleur et la force centrifuge, particulièrement dans les zônes voisines de l'équateur, étant ainsi continuellement sollicité à monter, non-seulement par sa moindre pesanteur spécifique, mais encore par les nouveaux fluides dilatés qui se forment sans cesse, ne peut pas redescendre par le même chemin qu'il a suivi en s'élevant (j'appelle *courant divergent* ce mouvement ascendant de l'air). Arrivé aux confins de l'atmosphère, ce courant, qui doit former un disque s'élargissant vers ses extrémités, se divise en deux parts qui descendent vers les pôles de l'atmosphère, retournent ensuite de là vers l'équateur terrestre, formant ainsi des contre-courans pôlaires. Ainsi s'établit dans l'atmosphère une sorte de circulation. Cet air des contre-courans

---

triques (arcs qui semblent se multiplier à mesure que les gaz inflammables s'avancent vers le zénith), reçoit peut-être cette forme circulaire et la lumière blanchâtre qui le borde de la surface du fluide oxigéné à laquelle il parvient. Si à cette surface il y a une couche de gaz hydrogène ou de fluide électrique, et si l'on admet, comme on le doit, un courant aérien permanent qui du pôle boréal de l'atmosphère se porte vers l'équateur, il sera naturel de penser que les jets phosphoriques qui partent alors du segment obscur et de ses arcs lumineux, et se dirigent vers le sud-est, sont produits par le fluide de cette couche de gaz hydrogène que la matière inflammable du brouillard rencontre; que les lueurs phosphoriques suivent ces couches qui paroissent sillonnées par le courant boréal jusqu'à ce qu'elles rencontrent le courant divergent atmosphérique. (Voyez le chap. IV.)

ne pénètre point le fluide dilaté de l'équateur, il ne fait que le remplacer (1).

Si nous jugeons de l'atmosphère terrestre par celle des comètes (2), elle doit être très-grande, et certainement, pendant la formation de la terre, elle l'a été encore davantage, ou elle étoit plus élastique, puisqu'elle devoit être alors dilatée par une très-forte chaleur. Une petite atmosphère seroit trop facilement comprimée par le liquide environnant et n'auroit pu fournir, dans le principe, assez de gaz pour entretenir l'astre à l'état lumineux et lui donner l'existence par les diverses combinaisons de ces gaz; et il est probable qu'il s'en fait encore une grande consommation par les animaux et les végétaux qui semblent, à cet égard et jusqu'à un certain point, avoir remplacé l'embrâsement par lequel ces gaz étoient auparavant consumés. Rien ne prouve d'ailleurs que les atmosphères aient jamais diminué autrement que par l'abaissement de leur température, et tout tend à faire croire que dans le temps présent, la température de l'atmosphère terrestre est à peu près ce qu'elle sera toujours et que les gaz y sont constamment entretenus en même quantité; que le liquide sidéral est saturé d'air comme le fluide atmosphérique est saturé d'eau; que ce dernier fluide n'absorbe de nouvelles molécules liquides qu'à proportion de la consommation qui s'en fait sur la terre.

---

(1) (V. dans l'Expos. du Syst. du Monde le chap. des oscillations de l'atmosphère, t. 2, p. 174.)

(2) Quoique le noyau des comètes soit très-petit et peu dense, leurs atmosphères, dilatées vraisemblablement par la chaleur, ont une grande étendue. (V. les *Observations d'Herschell sur la comète de* 1811.)

Une grande atmosphère se déduit donc naturellement de la grandeur du noyau des astres et de l'existence du fluide sidéral. Mettant à part les autres considérations dont il sera parlé plus bas, sans une atmosphère très-étendue, la pesanteur spécifique de la terre seroit trop considérable : une vaste atmosphère élastique la soutient dans le liquide sidéral en diminuant considérablement sa pesanteur spécifique, contribue à la rapidité de ses mouvemens, ainsi que nous le ferons voir dans le chap. IX, la défend et reçoit pour elle les fluides nécessaires à son entretien.

C'est parce que l'atmosphère terrestre est très-grande et parce qu'elle roule sur la circonférence de l'écliptique, entraînée par le fluide qui l'entoure, que le mouvement de la terre est si rapide et si régulier.

Selon nous, l'atmosphère terrestre poussée par le mouvement circulaire du courant divergent du liquide sidéral (voyez chap. VIII), roule sur la circonférence de son orbite, ou sur la couche fluide et en mouvement avec laquelle elle est en équilibre, comme une roue de voiture roule sur le sol qui la porte; nous pensons que sa grandeur est telle qu'en tournant 365 fois et $\frac{1}{4}$ elle parcourt la circonférence de l'écliptique. Ainsi, d'après cette hypothèse, pour connoître la grandeur précise de l'atmosphère, il suffiroit de diviser le chemin qu'elle fait dans sa révolution avec la terre, par le nombre des jours de l'année : on auroit par là sa circonférence. La lune pourroit donc être comprise dans l'atmosphère de la terre. En effet, les atmosphères étant toutes de même nature, leur union par le contact me paroît très-probable; il est donc possible que *la lune* se trouve dans l'atmosphère

terrestre par un fait semblable, c'est-à-dire que son atmosphère ayant touché celle de la terre aura été absorbée par cette dernière et que la lune sera restée où elle s'est trouvée en équilibre.

Les bouleversemens que l'on observe à la surface de la terre sont peut-être dus à sa venue subite, car une augmentation considérable de fluide et la présence d'un grand corps ont dû aggrandir l'atmosphère terrestre, augmenter par là la pression qui a lieu à sa surface et, par conséquent, celle qui se fait sentir sur la terre (v. le chap. X).

Nous pensons que la chaleur peut être augmentée dans une planète par la rapidité de son mouvement de rotation qui fait qu'aucune de ses parties ne reste long-temps privée de la vue du soleil et que l'atmosphère de cette planète est davantage comprimée par *la vitesse des impulsions* qu'elle reçoit (v. le chap. VIII).

CHAPITRE VII.

Du soleil et de son atmosphère (1).

L'ATMOSPHÈRE solaire a été aperçue par plusieurs observateurs (2); elle est prouvée aussi par le seul fait de l'existence du soleil qui a dû être formé dans une masse extrêmement considérable de matière nébuleuse (3).

(1) V. l'article *soleil* dans le nouveau Dictionnaire d'Hist. nat., par M. Biot.

(2) « Une atmosphère pareille à celle de la terre, dont l'existence vraisemblable » pour tous est, relativement au *soleil* et à Jupiter, indiquée par les observations. » (*Exp.*, t. 2, p. 136.)

(3) « Dans l'état primitif où nous supposons le soleil, il *ressemblait aux nébu-* » *leuses*, etc. » (*Expos.*, t. 2, p. 425.)

L'analogie nous porte à croire qu'elle doit être de même nature que l'atmosphère terrestre, c'est-à-dire, être composée d'un fluide fondamental, incombustible, dissolutif et très-expansif (cette dernière qualité le rend élastique et fait qu'il a besoin d'être contenu). Il entre aussi dans la composition de cette atmosphère plusieurs espèces de gaz spécifiquement plus pesans que le fluide fondamental qui, étant sans cesse absorbés et combinés entre eux, sont continuellement renouvelés.

Si la grandeur de l'atmosphère solaire est en proportion avec la grandeur des atmosphères des comètes observées par Herschell, avec la grosseur de l'astre produit dans son sein et avec l'extrême chaleur qui y est toujours entretenue au même degré, elle doit avoir plus de 20 millions de lieues de diamètre; dans ce cas, son rayon étant de 10 millions de lieues seulement, elle seroit encore à 3 millions de lieues de Mercure (1).

L'atmosphère du soleil est sans doute comprimée vers ses pôles par les courans convergens du liquide sidéral (voyez le chap. VIII), tandis qu'elle doit être dilatée à son équateur par la chaleur et la force centrifuge (2); par là elle peut être maintenue sans cesse dans la même position. Il est probable aussi que le soleil est un sphéroïde aplati vers ses pôles et que la chaleur est plus grande vers son équateur, car, si cet

(1) M. Laplace croit que l'atmosphère du soleil n'atteint aucune planète. (*Expos.*, t. 2, p. 138.)

(2) L'axe des pôles de cette atmosphère doit être au moins les deux tiers de celui de son équateur. (*Liv. cité*, t. 2, p. 138.)

astre étoit parfaitement sphérique et si l'embrâsement qui a lieu près de sa surface étoit uniforme, son axe de rotation pourroit être variable, ou plutôt cet astre ne tourneroit pas. Mais la terre s'éloignant peu de l'équateur solaire, il est peut-être impossible de voir parfaitement les pôles de l'astre resplendissant; par conséquent, nous ne pouvons savoir que par induction que cet astre a moins d'éclat vers ses pôles qu'à son équateur (1).

Par sa grande chaleur, le soleil augmente l'élasticité de son atmosphère; il échauffe et dilate aussi le liquide sidéral qui l'environne. Il est probable que la permanence de l'embrâsement de cet astre est due à son immense atmosphère, à sa position au centre du système planétaire, d'où résulte l'excessive pression qu'elle subit; car elle est comprimée par tout le liquide renfermé dans ce système (2), à la propriété dissolvante de cette atmosphère, provenant en partie de l'excessive chaleur qui lui fait absorber une énorme quantité d'oxigène afin de rétablir l'équilibre sans cesse détruit dans les élémens qui la composent (3).

Il est certain que ce n'est pas le noyau du soleil qui est enflammé, puique M. Herschell a vu au-dessous de la matière

---

(1) Suivant les observations de M. Herschell, « les comètes tournent sur elles-» mêmes dans leurs révolutions comme les planètes ; » en conséquence elles doivent être aussi plus lumineuses à leur équateur qu'à leurs pôles.

(2) Cette atmosphère doit être très-dense, puisque, suivant Newton, la force de la gravitation est vingt-sept fois plus considérable à la surface du soleil qu'à la surface de la terre. Les couches inférieures de l'air qui forment cette atmosphère doivent donc être très-comprimées. (*Biot.*)

(3) M. Dessaignes croit que l'eau combinée est la seule cause assignable de la propriété lumineuse des corps. (*Journ. de Phys.*)

lumineuse un corps opaque qu'il croit pouvoir être habité (1); d'ailleurs si ce noyau étoit embrasé, comment ne seroit-il pas consumé depuis le grand nombre de siècles qu'il brille du plus vif éclat? Où prendre la quantité d'oxigène suffisante pour un feu si durable?

Voici, selon nous, comment les faits se passent: si le système planétaire est rempli d'eau, le soleil étant au centre, son immense atmosphère, dont l'azote est le fondement suivant toute vraisemblance, doit être assez comprimée pour produire de la chaleur et dissoudre continuellement et à proportion de sa grandeur et de sa chaleur une grande quantité d'eau qui se convertit en oxigène. Ce gaz arrivant donc avec une extrême abondance près de la surface du noyau solaire peut occasioner, en brûlant continuellement avec l'hydrogène qui se forme aussi sans cesse, l'éclat permanent de cet astre et les immenses vapeurs que l'on y observe. Par là, on concevra aisément la source de la splendeur éternelle de cet astre et toute la puissance des moyens mis à sa disposition pour maintenir liquide l'eau sidérale, la mouvoir circulairement et avec elle les planètes. On concevra aussi que, hors du système planétaire, l'eau doit être à l'état de glace, attendu qu'il n'y a plus ni chaleur ni mouvement.

Lorsque notre planète, dans l'origine, n'avoit qu'un noyau fort petit, elle pouvoit être lumineuse par elle-même, vu que l'oxigène, qui s'y formoit à proportion de la chaleur et de la dilatation de l'atmosphère, s'y concentroit sur un petit espace. Elle cessa d'être lumineuse à mesure que sa surface prit de

(1) Nous croyons qu'il ne peut être habitable qu'à ses pôles.

l'extension et de la solidité (1), que sa température diminua ainsi que la grandeur de son atmosphère (2), et, comme il est probable, que ce fut d'abord aux pôles que la température commenca de baisser et que des êtres vivans purent exister; peut-être que son équateur, à son tour, sera un jour sa seule partie habitable, si, comme on le pense, elle continue à prendre de l'accroissement (3).

La chaleur du soleil, dans la suite des siècles, pourra même diminuer proportionnellement à l'augmentation de la surface de son noyau.

Suivant Herschell, le soleil a de grandes montagnes et des gouffres profonds; peut-être sont-ils utiles, soit pour mieux fixer son atmosphère, soit pour son mouvement de rotation. Il est probable que les unes et les autres ne sont autre chose que ce que l'on nomme les taches (4).

---

(1) La *fluidité primitive* des planètes est clairement indiquée par l'aplatissement de leur figure, conforme aux lois de l'attraction mutuelle de leurs molécules. (*Expos.*, t. 2, p. 439.)

(2) Les observations d'Herschell sur les comètes sont encore favorables à cette idée. Ce savant a observé que la lumière diminue dans les comètes à mesure que leur formation ou condensation avance.

(3) La terre ne fut probablement habitable qu'après sa consolidation et qu'après qu'elle eût cessé d'être lumineuse. Elle ne dut l'être d'abord qu'à ses pôles, ce qui est prouvé d'ailleurs par les arbres des régions des tropiques que l'on découvre sur les plages des mers du nord, et par les ossemens fossiles d'animaux d'une taille extraordinaire, existant en grande quantité vers le cercle polaire, et dont M. Cuvier a su si bien démêler les espèces et reconnoître l'organisation.

Je soupçonne que les cadavres de grands quadrupèdes couverts d'un poil laineux et trouvés, il y a quelques années, en Russie dans des terrains gelés, appartenoient aux dernières espèces de grands animaux des climats chauds qui ont pu habiter les contrées boréales.

(4) Les taches du soleil sont presque toujours comprises dans une zone de la

La rotation en 25 jours et demi du soleil et de son atmosphère (1) et l'excessive chaleur de cet astre doivent occasionner dans le fluide qui remplit le système planétaire un mouvement régulier d'une force prodigieuse. La vitesse du mouvement d'un point pris à la surface de l'équateur de l'immense atmosphère solaire doit être inconcevable, et c'est pourtant une telle vitesse, que le soleil imprime au liquide sidéral, qui a été négligée jusqu'ici, puisqu'on n'en a tiré encore aucune conséquence, que je sache, pour expliquer les mouvemens planétaires (v. les chap. VIII et IX).

Parmi le grand nombre de causes que l'on peut imaginer pour expliquer la rotation du soleil, la suivante me paroît probable. Si la direction des efforts que le fluide atmosphérique solaire, dilaté et tendu par la chaleur, fait, d'une part, contre le noyau solaire; de l'autre, contre le liquide sidéral, ne passe point par le centre de gravité du soleil, ce qui est très-possible, vu les inégalités de la surface de cet astre, l'équilibre sera détruit et l'astre pourra tourner par cette seule cause.

Ainsi, le soleil exerce immédiatement une répulsion et une attraction perpétuelles dans le liquide sidéral; en donnant lieu, par sa chaleur et sa rotation, à la formation, dans ce liquide, du courant divergent et des courans convergens, dont il sera parlé dans le chapitre suivant, et à l'absorption d'une grande quantité d'oxigène.

---

surface de cet astre, dont la largeur, mesurée sur un méridien solaire, ne s'étend pas au-delà de 34° de chaque côté de son équateur. (*Expos.*, liv. 1er., chap. 2.)

(1) Toutes les couches atmosphériques doivent prendre à la longue un même

Les effets de la force répulsive solaire, à l'égard des planètes, sont à peu près toujours les mêmes; en général, la compression de l'atmosphère de chaque planète et sa température ne subissent pas de grands changemens; car, dans le plan de l'équateur du soleil, où la force répulsive de cet astre a le plus d'intensité, la planète en le traversant est éloignée à proportion, *d'où résulte peut-être l'ellipticité de son orbite* (1).

Herschell soupçonne que le soleil a une moitié de son disque moins lumineuse que l'autre; si cela est, cet astre doit, du côté plus lucide, échauffer et dilater davantage son atmosphère, ainsi que le liquide sidéral; fondre sans cesse les glaces correspondantes à ce côté, et, par là, avoir un moyen de se déplacer en se portant vers les glaces en fusion, ou le côté plus échauffé, avec tout le système planétaire. Mais cet astre en allant au nord, par exemple, s'éloigne du midi; donc l'eau se congélera du côté méridional dans la même proportion qu'elle est dissoute du côté opposé; en sorte que la grandeur du système restera toujours à peu près la même (2).

---

mouvement angulaire de rotation, commun au corps qu'elles environnent, etc. (*Expos.*, t. 2, p. 136)

(1) La cause de l'ellipticité de l'orbite terrestre est surtout l'effet du mouvement en spirale du liquide sidéral et de l'obliquité de l'écliptique sur le plan de l'équateur solaire.

(2) Prétendre que les queues des comètes sont formées par la matière lumineuse de chaque comète, chassée par les rayons solaires à d'immenses distances, c'est supposer 1°. l'embrasement du corps cométaire, ce qui n'est pas d'après les observations d'Herschell; 2°. que la flamme qui résulteroit de cet incendie, ou la matière lumineuse, pourroit être séparée du corps combustible, ce dont nous n'avons point d'exemple; 3°. et enfin que les rayons solaires ont une force que rien ne justifie. (*Cette note devoit être à la page* 15.)

CHAPITRE VIII.

Du liquide qui remplit le système solaire, ou du liquide sidéral.

> Quelle que soit la nature de la cause des mouvemens primitifs du système planétaire, puisqu'elle a produit ou dirigé les mouvemens des planètes, *il faut quelle ait embrassé tous ces corps ;* et vu la distance prodigieuse qui les sépare, *elle ne peut être qu'un fluide d'une immense étendue* (*Expos.*, t. 2, p. 425.)

Nous croyons donc, d'après ce qui précède, 1°. que le soleil ne peut éclairer, échauffer et mouvoir les planètes que par le moyen d'un liquide transparent et sans couleur de la nature de l'eau, dilaté par la chaleur et le mouvement, mis en circulation par la rotation de l'astre du jour, remplissant le système solaire et entourant et comprimant les atmosphères des astres, d'où résultent l'élasticité et la forme sphéroïdique de ces atmosphères (1) (j'appelle *pression sidérale*, cette action du liquide sidéral sur les atmosphères); 2°. que le système solaire est exactement fermé et que ses bornes sont déterminées par l'influence du liquide échauffé

(1) La plus grande probabilité nous porte à croire d'abord, que les atmosphères sont comprimées de toutes parts à peu près également par le liquide sidéral; parce que ces atmosphères tiennent la place que ce liquide occuperoit sans elles par sa tendance à l'équilibre; en second lieu, ces masses aériennes ne s'échappent pas au travers du liquide, parce qu'elles ne peuvent avoir aucune tendance pour sortir du système planétaire et parce qu'elles sont maintenues, par l'action du soleil, loin de leurs positions d'équilibre où elles tendent sans cesse, ainsi que nous le ferons voir.

et mis en mouvement dont nous venons de parler; 3°. que ce système est ainsi une grande cavité de forme sphéroïdique pratiquée dans la glace, dont les parois concaves et diaphanes peuvent réfléchir la lumière et le calorique, arrêter la transmission de ce dernier fluide et livrer passage à la lumière des étoiles (voyez ce que nous avons dit sur la glace d'eau douce dans le chap. IV) (1).

La densité du liquide sidéral et sa nature me semblent clairement démontrées par le cercle lumineux environnant l'atmosphère de plusieurs comètes, et que M. Herschell a remarqué; car il n'y a qu'un fluide comparable à l'eau par sa densité qui puisse réfléchir la lumière au degré observé. Cette densité me paroît aussi prouvée par les queues des comètes que je regarde comme l'effet de la lumière propre de ces astres pénétrant au travers d'un liquide transparent et non éclairé par le soleil; de même que nous voyons très-bien le cône lumineux que produit dans l'air, pendant la nuit, une lumière très-éclatante sortant par une fenêtre, ou un rayon du soleil entrant par un trou dans une chambre obscure, parce que, dans ces deux cas, la lumière est réfléchie par les molécules d'eau ou de poussière répandues dans l'air: et enfin la lumière permanente du soleil me semble surtout mettre hors de doute les propriétés de ce liquide.

Selon nous, les principaux effets de la pression exercée à la surface de l'atmosphère terrestre par le liquide qui l'entoure sont, 1°. de retenir l'atmosphère autour du globe; 2°. de lui donner la forme ronde et de la rendre élas-

(1) Ainsi les comètes ne peuvent sortir du système solaire.

tique; 3o. de faire tendre les solides plus pesans que l'air vers le centre de la terre, ce qui, peut-être, constitue la pesanteur; 4o. de pousser vers la surface du globe, dans la direction de son centre, et proportionnellement à la pression du liquide sidéral et à la force dissolvante du fluide atmosphérique, des molécules de matières solides et des molécules d'eau qui dans leur long trajet se décomposent en gaz; 5o. d'établir près de la surface de la terre une température et un fluide propres à l'existence des êtres vivans; 6o. et enfin, nous croyons que ce ne peut être que par la préexistence du liquide sidéral et des atmosphères que les astres ont pu être formés et continuent d'exister avec les êtres qui vivent à leur surface (1).

Ainsi, par la pression sidérale, les molécules plus denses que le fluide fondamental de l'atmosphère sont poussées vers le centre de la terre. La force qui dirige ces molécules augmentant ses effets en se concentrant près de la surface du globe, il s'ensuit que ces mêmes effets sont moindres à de grandes hauteurs, indépendamment de l'action de la force centrifuge.

La pression exercée sur les atmosphères des astres doit être proportionnelle à la grandeur de ces atmosphères et à leur éloignement des limites du système solaire; ainsi, la plus grande pression est celle qui a lieu sur l'atmosphère solaire qui, outre qu'elle est immensément grande, se trouve placée au centre du système.

---

(1) L'existence de la terre, sa fraîcheur perpétuelle et l'augmentation de son volume, que plusieurs observations tendent à faire croire, sont en faveur de l'hypothèse du liquide sidéral.

Il résulte de la rotation extrêmement rapide du soleil et de son atmosphère une force centrifuge au moyen de laquelle cette atmosphère imprime nécessairement un mouvement circulaire au liquide qui l'environne. Ce liquide lancé tangentiellement à la surface circulaire de la zône médiane de l'atmosphère solaire et perpendiculairement à son axe de rotation, ne peut pas s'éloigner en ligne directe selon sa tendance naturelle; il est forcé, par la résistance qu'il éprouve, de tourner autour du soleil; mais comme il s'éloigne sans cesse, en même temps qu'il tourne, il ne décrit pas un cercle mais une spirale, et l'impulsion qu'il communique aux planètes et qui les entraîne autour du soleil, ne passant point par leur centre de gravité, elles sont forcées à tourner en même temps sur leur axe, ainsi que nous le ferons voir dans le chap. IX.

Il est clair que ce liquide, dans lequel le mouvement ne se perd pas et doit même devenir uniforme, a partout à peu près la même vitesse, qui est celle que le soleil lui imprime. Je dis à peu près, car la pression diminuant à mesure qu'il s'éloigne de l'astre du jour, il doit proportionnellement devenir plus libre et se mouvoir en conséquence. Le développement de la spirale qu'il décrit pour parvenir aux extrémités du système planétaire, doit présenter une longueur à peu près égale à la circonférence de l'atmosphère solaire, multipliée par le nombre de tours faits par cette atmosphère dans le même temps. Ainsi, *les aires décrites autour du soleil par les rayons vecteurs de chaque partie de ce liquide doivent être proportionnelles aux temps employés à les décrire.* C'est ce qui est confirmé par l'observation des

mouvemens de révolution des planètes; donc l'existence du liquide sidéral est encore prouvée par la loi de la *proportionnalité des aires aux temps.*

Le liquide sidéral, mis ainsi en circulation, forme autour de la zône équatoréale de l'atmosphère solaire un disque liquide mobile dont le diamètre est égal au grand diamètre du système solaire et dont l'épaisseur a peut-être à son origine plusieurs millions de lieues. Arrivé aux confins du système, ce *courant divergent* s'élargit et se divise en deux parts, formant sur ses côtés des contre-courans latéraux et convergens qui reviennent avec une vitesse extrême vers les pôles de l'atmosphère solaire, d'où gagnant la zône équatoréale ils entrent de nouveau dans le courant divergent (voyez les fig. 4 et 5).

C'est par ce dernier courant, dont la force est très-grande, et par la dilatation provenant du mouvement et de la chaleur que le soleil transmet une partie de son propre mouvement aux planètes et qu'il peut les tenir plus éloignées de lui qu'elles ne le seroient dans leur état de repos; circonstance occasionnant la tendance continuelle de ces corps du côté de l'astre du jour; mais je suis loin d'en conclure que si le mouvement cessoit, les planètes tomberoient sur le soleil, en passant au travers du liquide qui les sépare de cet astre; elles reviendroient seulement sur la ligne de leur départ par le retour du liquide à son état de repos.

Ainsi, la cause qui fait tendre les planètes vers le soleil est autre que celle qui, dans l'atmosphère, fait tomber les corps dans la direction du centre de la terre.

Le mouvement rapide des planètes et de leurs atmosphère

dans un fluide dense ne doit pas étonner, si l'on fait attention qu'elles ne se meuvent point par leurs propres forces, mais qu'elles sont entraînées par le mouvement circulaire du liquide sidéral, comme un fleuve dans son cours emporte les corps suspendus dans ses eaux.

Il est probable que le système solaire n'a pas eu dès l'origine l'étendue qu'on lui reconnoît aujourd'hui, que la glace ne s'est fondue que peu à peu et qu'elle continue peut-être encore de fondre, mais avec plus de lenteur: en conséquence, les planètes très-éloignées du soleil, qui n'ont été formées qu'au fur et à mesure de l'aggrandissement de l'empire de cet astre, n'ont pu être comprimées pendant leur formation, avec la même force que les planètes voisines du soleil; et, à moins de quelques circonstances particulières, elles doivent ainsi être spécifiquement plus légères.

Le liquide sidéral étant mis en mouvement et dilaté, le calorique et la lumière solaires (1) sont portés par lui à des distances où ces fluides ne pourroient atteindre avec la même intensité par leurs propres forces, surtout à travers le vide.

Ce n'est que par le moyen de ce liquide, dont la *force réfringente* est considérable, que la lumière peut se réfracter, se réfléchir et se mouvoir avec l'extrême vitesse que nous lui connoissons. L'intensité de la lumière étant en raison inverse du carré de la distance, c'est sans doute à cette loi et à la propriété dont jouit l'eau de réfracter davantage la

(1) M. Herschell a remarqué que les rayons lumineux sont toujours accompagnés de calorique.

lumière que la glace, qu'est dû l'éclat du sphéroïde liquide de forme lenticulaire renfermé dans le système planétaire, portant le nom de *lumière zodiacale*, et dont les limites visibles s'étendent fort au-delà des orbites de Mercure et de Vénus. On peut présumer, d'après cela, que ces deux planètes, étant très-voisines du soleil, doivent jouir d'une lumière plus éclatante que les autres corps célestes plus éloignés.

Le liquide sidéral étant sans cesse consommé par ses diverses combinaisons, doit être entretenu et renouvelé; c'est ce qui a lieu par le mouvement de transport du soleil vers la constellation d'Hercule (v. le chap. VII).

Je crois que quelques nébulosités peuvent être dégagées des glaces universelles par ce mouvement de transport du soleil et former des comètes; que ces dernières sont ensuite naturellement portées dans le contre-courant correspondant du liquide sidéral qui les entraîne du côté des pôles de l'atmosphère solaire; de là elles doivent être dirigées par le même courant vers la zône équatoréale de cette atmosphère, où, entrant dans le courant divergent, elles sont éloignées avec une vitesse proportionnelle à leur légèreté. Telle est, je pense, la cause de l'obliquité de leurs orbites, par rapport à l'écliptique, et celle de l'excentricité de ces mêmes orbites.

La terre étant plus rapprochée du soleil en hiver qu'au solstice d'été, prouve, selon nous, que le courant divergent a plus de force d'un côté que de l'autre. Cette conjecture a pour elle l'observation d'Herschell qui a reconnu au soleil un hémisphère plus lumineux que l'autre; d'où il suit que l'atmosphrée de cet astre étant plus dilaté de ce côté, la force centrifuge y a plus d'intensité et le courant divergent plus de force (v. *la* 1re. *note de la page* 35).

CHAPITRE IX.

Des mouvemens des planètes dans le liquide sidéral.

Les planètes roulant sur la convexité d'une ellipse qui est la couche liquide, circulaire et mobile avec laquelle elles sont en équilibre, par le moyen de leurs atmosphères, leur centre seul se meut uniformément; le mouvement de toutes les parties de la circonférence de la zône équatoréale de l'atmosphère de chacune est tantôt retardé et tantôt accéléré. Le *minimum* du retard a lieu du côté qui regarde le soleil, autour du rayon vecteur; le passage du mouvement retardé au mouvement accéléré se trouve toujours au point d'intersection de ce rayon avec la circonférence de l'atmosphère planétaire, d'où il suit que la force centrifuge y est nulle, et que ce point sert d'appui ou de centre de mouvement au point opposé de la circonférence de l'atmosphère, situé sur le prolongement du rayon vecteur, et où est le *maximum* de l'accélération du mouvement et de l'intensité de la force centrifuge.

D'après les lois de la communication du mouvement, l'aplatissement de l'atmosphère occasionné par sa tendance vers le soleil, par les impulsions de cet astre et par sa résistance à ces impulsions, doit avoir lieu à la fois du côté qui reçoit l'impulsion et du côté diamétralement opposé, ce qui diminue le diamètre correspondant à ces côtés; tandis que le diamètre normal à celui-ci et situé dans le même plan, doit augmenter avec la courbure de l'atmosphère.

La direction des impulsions données au liquide sidéral par

le soleil étant tangentielle à la zône équatoréale de l'atmosphère de cet astre, ce liquide, ainsi que nous l'avons déjà dit, s'éloigne en décrivant une spirale; conséquemment, la résultante de ses efforts doit atteindre les planètes au-dessus de leur centre de gravité. Ainsi, l'atmosphère terrestre étant poussée par sa partie postérieure et supérieure dans la direction de son mouvement progressif, doit tourner sur l'écliptique et dans le sens de la rotation du soleil.

On peut encore démontrer de la manière suivante que la rotation des planètes dans le même sens que le soleil tourne, est l'effet nécessaire du mouvement circulaire et en spirale du liquide sidéral et de la chaleur solaire.

Les planètes et leurs atmosphères ne faisant qu'un seul et même corps qui gravite vers le soleil, et la courbure des atmosphères diminuant du côté de cet astre, il en résulte que ces corps doivent se mouvoir plus lentement que le courant divergent du liquide sidéral; de même que des corps considérables flottant dans l'eau se meuvent moins vite que le courant qui les entraîne; et c'est parce que les planètes se meuvent avec moins de célérité que ce courant divergent qu'elles peuvent tourner sur elles-mêmes. En effet, une partie de ce courant arrêtée dans son cours par la rencontre de l'atmosphère d'une planète, s'accumule derrière, où ses efforts augmentent à proportion de la résistance, tandis qu'ils diminuent en devant. Le liquide, soit par l'action qui le pousse, soit par sa tendance à l'équilibre, s'échappe du côté où cette résistance est moindre pour se porter au devant de l'atmosphère et continuer son mouvement en avant. Ce ne sera pas au-dessous de cette atmosphère, ou du côté qui regarde le soleil, qu'il

s'échappera, vu que de ce côté il est moins libre que du côté opposé; car, étant, d'une part, plus près du centre du système, il est plus dilaté; de l'autre, se trouvant chargé du poids de l'astre et plus éloigné des limites de ce même système, il est proportionnellement plus comprimé; toutes causes qui doivent diminuer sa rapidité. D'ailleurs, du côté du soleil, le roulement de l'atmosphère n'y produit qu'une force centrifuge peu sensible : mais ce liquide passera principalement au-dessus de l'atmosphère où il jouit de plus de liberté, étant moins comprimé à proportion de son éloignement du soleil et parce que c'est à l'extrémité supérieure de l'atmosphère que la force centrifuge a le plus d'intensité : conséquemment, cette atmosphère étant poussée par sa partie postérieure et supérieure, roulera sur l'écliptique comme sur un plan incliné et tournera ainsi dans le sens de la rotation du soleil.

A ces causes on peut ajouter la suivante. L'hémisphère terrestre qui regarde le soleil est échauffé et dilaté; l'hémisphère opposé, plongé dans l'obscurité, est, au contraire, froid, condensé et chargé d'humidité; en outre, le quart de la terre et de son atmosphère, qui est près de sortir de l'ombre de la nuit, étant la partie du globe et de son atmosphère la plus condensée et la plus humide, est plus pesant que le quart opposé qui vient d'être échauffé, desséché et dilaté par la chaleur du soleil en plein midi; par conséquent, cette différence de poids et de volume dans deux parties opposées, en établira une dans leur tendance vers le soleil; et la surface de l'hémisphère dilaté ayant reçu, par là, de l'accroissement, le nombre de points que la force répulsive peut atteindre sera augmenté. Cela seul suffiroit, je pense,

pour détruire l'équilibre et faire tourner la terre, quoique lentement.

CHAPITRE X.

De la lune.

La lune, qui maintenant n'a pas d'atmosphère (1), en a dû avoir une dans le principe, autrement comment auroit-elle été formée? (Voyez ce que nous avons dit sur la formation des astres, chap. V.) Elle peut provenir d'une comète (2) qui auroit rencontré l'atmosphère terrestre vers son équateur; dans cette hypothèse, les deux atmosphères étant homogènes se seroient réunies en une seule (3). Mais la pesanteur étant considérablement diminuée à une grande distance de la terre, le noyau cométaire ne put pénétrer que jusqu'au point où le fluide, par sa densité et son mouvement, lui fit équilibre (4). Ainsi, elle est sûrement placée dans le courant divergent ou ascendant atmosphérique, au point où sa masse est en équilibre avec la couche fluide qui la soutient par sa densité et son mouvement; et son centre de gravité doit être dans la partie inférieure et postérieure de l'hémisphère qu'elle nous présente. Ses grandes montagnes multipliant les points de contact avec l'air doivent contribuer à diminuer sa pesanteur spécifique.

(1) Si elle avoit une atmosphère elle seroit dans le liquide sidéral, et alors on y découvriroit nécessairement des nuages.

(2) Je crois que Maupertuis a eu cette idée. — Et M. Laplace ne regarde pas comme improbable le choc de la terre par une comète. (*Expos.*, t. 2, p. 55 et suiv.)

(3) Quelques comètes peuvent pénétrer dans les atmosphères des grandes planètes, et d'autres devenir elles-mêmes de petites planètes.

(4) « A la hauteur où est la lune sa force centrifuge est égale à sa pesanteur. » (*Id.*

L'invariabilité de la face que nous présente cet astre, indique clairement que cette face appartient à un hémisphère qui a plus de poids que la partie qui nous est cachée (1); je suis donc porté à croire que cette partie, qui est invisible pour nous, est ou plane ou peut-être concave, ce qui rend cet astre plus léger. En effet, si la lune, lors de son apparition dans l'atmosphère terrestre, étoit encore plus ou moins molle, l'attraction terrestre agissant particulièrement sur son centre a dû la rendre convexe du côté de la terre et concave du côté opposé (2). Ces conjectures me semblent confirmées par les points lumineux que l'on remarque quelquefois sur le disque de la lune et qui, si ce satellite est concave du côté opposé à la terre et de peu d'épaisseur, pourroient bien n'être que des trous, au travers desquels on apercevroit l'éclat du soleil dans les éclipses de ce dernier astre.

L'atmosphère terrestre ayant un mouvement de rotation d'occident en orient, au moins 27 fois plus rapide que le mouvement de la lune, son fluide doit, par cette grande vitesse, acquérir une force qui le rend capable de supporter ce sa-

(1) Toutes les parties de la surface lunaire se présenteroient successivement à la terre *sans l'attraction du sphéroïde terrestre* qui ramène sans cesse vers nous le même hémisphère de ce satellite, et *rend l'autre hémisphère invisible à jamais*. (*Expos. du Syst. du M.*, t. 2, p. 445.)

(2) Herschell a observé que les satellites de Jupiter présentent toujours la même face à cette planète, etc. Cette loi subsiste également pour le septième satellite de Saturne. Lorsque ce satellite est à l'orient de Saturne il devient très-difficile à apercevoir, ce qui ne peut provenir que des taches qui couvrent l'hémisphère qu'il nous présente quand il se trouve dans cette position. (Astr. Phys. t. 3, p. 77, par M. *Biot*.)

Peut-être que cette particularité est due à ce que ce satellite ne présente alors que la vue latérale d'un seul hémisphère.

tellite et de l'entraîner dans le sens de son propre mouvement.

Ce fluide, qui est celui du courant ascendant atmosphérique et qui se meut avec une extrême vitesse à la hauteur où est la lune, est condensé à la face postérieure de ce satellite, et surtout en passant au-dessous de lui, et doit être dilaté à sa face antérieure; car, en s'échappant de dessous la lune, l'air doit s'étendre subitement, s'élever avec impétuosité, se dilater enfin au point de produire l'ascension de l'atmosphère, et, par là, de soulever les mers.

Ce satellite ne se meut pas aussi vite que le fluide atmosphérique, à cause de sa densité qui le fait tendre vers la terre et parce que toutes ses parties, se tenant et ne pouvant se mouvoir les unes sans les autres, la masse entière est, par toutes ces causes, beaucoup moins mobile que le fluide environnant.

A la hauteur où il se trouve, l'oxigène est peu abondant, et ce satellite ne doit ressentir que foiblement les effets de la pression exercée sur l'atmosphère terrestre, l'impression de ces effets n'ayant lieu que d'un seul côté, est favorable à l'opinion que la lune ne peut être sphérique et qu'elle ne tourne pas plus sur elle-même qu'un vaisseau ne tourne sur lui-même en faisant le tour du globe.

Lorsque la lune est dans les sysigies, cas où la pression sidérale est plus sensible sur elle, cet astre doit être rapproché de la terre; il doit en être éloigné dans les quadratures, ce qui est conforme aux observations (1).

Janvier 1821.

---

(1) Nous traiterons ailleurs de la cause des courans réguliers, aériens et maritimes, qui ont lieu de l'est à l'ouest entre les tropiques, et d'où proviennent la plupart des courans littoraux de la mer. (*Cette note devoit être page 27 avant le premier alinéa.*)

ADDITIONS ET CORRECTIONS

DANS LE TEXTE DU MÉMOIRE

SUR LE SYSTÈME SOLAIRE.

Pag. 1, *après le premier paragraphe, ajoutez :* J'entends par *causes inconnues, le vide, l'éther, l'impulsion primitive et unique donnée aux corps célestes dans le vide universel, l'attraction* qui, bien que réelle, n'a pas encore été bien expliquée, etc. Selon nous l'*univers est rempli par de l'eau, de l'air et du calorique*, matières dont l'existence est certaine et que nous connoissons un peu, non-seulement parce qu'elles se font sentir et voir à chaque instant, et qu'elles peuvent communiquer le mouvement qui les anime, mais encore par les admirables travaux de la chimie moderne.

Page 2, ligne 8, *supprimez le mot* dilatées.

Page 3, ligne 3, *après* spirale, *ajoutez :* Ainsi chaque portion de liquide décrit, lorsque rien ne s'y oppose, des aires égales en temps égaux.

Page 7, ligne 7, *après* chapitre, *lisez* VIII.

Pag. 8, ligne 10, *après* directe ? *ajoutez :* D'où vient la matière des atmosphères et quelle force retient ces atmosphères autour des planètes ? En effet, si l'air peut s'étendre à une certaine hauteur dans le vide, qu'est-ce qui l'empêche de s'étendre indéfiniment ? A la vérité on tranche cette difficulté par le mot *attraction*, mot qui désigne bien un fait observé, mais qui n'explique nullement par quel moyen ce fait existe.

P. 10, l. 6, *après* active, *ajoutez :* dans l'air, et la cause la plus puissante de destruction.

Ibid., l. 16, *après* célestes, *ajoutez :* ni la formation de ces corps et de leurs atmosphères, ni la grandeur et la stabilité de ces atmosphères.

P. 12, *après le second paragraphe, ajoutez :* car toutes les expériences tentées jusqu'ici pour réduire l'air à l'état solide n'ont pu réussir.

P. 13, *après le troisième paragraphe, ajoutez :* qu'est-ce qui l'arrête et l'empêche de se répandre uniformément dans le vide.

P. 14, l. 4, *après* tête, *lisez :* (*Voy. plus haut la grandeur immense de ce qu'on appelle tête de la comète.*)

Ibid., l. 5, *après* soleil, *lisez :* Il est possible que cette lumière, qui a quelques rapports avec la lumière zodiacale, soit de même le produit de la réflexion des rayons solaires contre la surface concave dont nous venons de parler.

Ibid., lig. dernière, *après* vapeurs, *ajoutez :* soit lumineuses par elles-mêmes, soit simplement éclairées par le soleil.

P. 15, *après le premier paragraphe, lisez :* Je regarde donc les queues des comètes comme l'effet de la lumière propre de ces astres pénétrant au travers d'un liquide d'une parfaite transparence et non éclairé par le soleil ; de même que nous voyons très-bien le cône lumineux que produit dans l'air, pendant la nuit, une lumière très-éclatante, sortant par une fenêtre, ou un rayon solaire entrant par un trou dans une chambre obscure ; parce que, dans ces deux cas, la lumière est réfléchie par les molécules d'eau ou de poussière répandues dans l'air.

Ibid., *au lieu de la note, lisez :* Selon nous, rien ne justifie la supposition d'Euler et de quelques autres physiciens qui font consister la queue des comètes dans les particules de l'atmosphère cométaire

que les rayons solaires chassent à d'immenses distances et rendent lumineuses en se réfléchissant sur leur surface; ou dans un amas de vapeurs enflammées provenant de l'excessive chaleur qu'éprouvent les comètes dans leur passage au périhélie. Prétendre que la queue d'une comète est formée par la matière lumineuse de cette comète lancée à de grandes distances par les rayons solaires c'est supposer 1°. que ces rayons ont une force immense qui est loin d'être constatée; 2°. l'embrâsement du corps cométaire, ce qui n'est pas d'après les observations d'Herschell; 3°. et que la flamme qui résulteroit de cet incendie, ou la matière lumineuse, pourroit être séparée du corps combustible, exister et se soutenir long-temps dans le vide; ce dont nous n'avons point d'exemple.

P. 16, *lisez dans la note*, Perkins.

Ibid., l. 1, *au lieu de* sans couleur, *lisez :* d'une couleur tirant sur le bleu.

P. 18, l. 4, *après* cavités, *ajoutez :* souterraines aboutissant aux pôles.

Ibid., l. 13, *après* température, *ajoutez :* celles-ci, à leur tour, favorisées par une chaleur excessive, peuvent dissoudre des matières solides, et tous ces élémens de forces incalculables doivent ensuite sortir impétueusement par les ouvertures qu'ils forment ou qu'ils rencontrent sur leur route. Or, on sait que l'air et les vapeurs aqueuses étant comprimées dégagent de la lumière, qu'ils s'enflamment aussi en s'échappant rapidement par des ouvertures étroites.

P. 22, *après le second paragraphe, ajoutez :* soit surtout par la dilatation que le mouvement et la chaleur occasionnent dans le liquide sidéral. De plus, ce liquide se mouvant avec plus de liberté à mesure qu'il s'éloigne de l'astre du jour, que la pression diminue et que la chaleur l'abandonne (*ce qui est presque prouvé par l'extrême vitesse avec laquelle les planètes les plus éloignées du soleil tournent sur elles-mêmes*), on peut en conclure qu'en approchant

des dernières limites du système solaire et devenant progressivement plus libre, la diminution de pression et l'accroissement de vitesse font qu'il se dilate spontanément.

Ainsi près de l'atmosphère solaire, le liquide sidéral est *dilaté et tendu* par la chaleur, et, loin du soleil, il est *relâché* par la diminution de pression.

Pag. 23, à la fin du chap. V, *ajoutez :* des oscillations atmosphériques, de l'accroissement de la pesanteur en allant de l'équateur aux pôles, de l'électricité, du magnétisme terrestre et même de la tendance de tous les corps du système solaire vers la constellation d'Hercule.

Ibid., *après le premier paragraphe du chap. VI, ajoutez :* et à la force centrifuge qui anime le liquide sidéral, *diminuant par là la pression que ce liquide excerce sur l'atmosphère.*

P. 24, l. 18, *après* source, *lisez :* principale.

P. 25, l. 1re, *après* chaleur, *lisez :* Il est encore possible qu'une partie de l'oxigène de l'air soit formée de la décomposition des eaux à la surface même de la terre. Or, l'oxigène étant plus pesant que l'azote tend à descendre ; il est ainsi plus abondant près de la surface du globe que sur les hautes montagnes ; il n'y a donc pas de doute que le fluide oxigéné ne soit plus dense et ne comprime davantage les corps qui y sont plongés, dans les couches inférieures de l'atmosphère que dans les supérieures : c'est ce qui fait que les fluides légers tendent à monter et que de l'air renfermé dans une vessie se dilate à mesure qu'on l'élève. *Ainsi le malaise qu'on éprouve en s'élevant sur de grandes hauteurs, n'annonce pas l'approche du vide, mais la rareté de l'oxigène.*

Ibid., lig. 12, *supprimez toute la phrase commençant*, c'est peut-être lui surtout, *et finissant par le mot*, autres, *et ajoutez à la fin de la page :* Il est encore possible que le gaz hydrogène se répande uniformément dans le fluide fondamental de l'atmosphère, au-dessus *du fluide oxigéné ;* entourant et contenant de toutes parts ce dernier

fluide, et faisant infléchir les rayons lumineux vers la terre. Ainsi, le fluide oxigéné, par lequel la lumière et la vie sont entretenues et propagées, et le ciel rendu brillant et azuré, auroit des rapports évidens, dans sa disposition comme dans ses propriétés, avec le fluide lumineux qui environne le noyau solaire.

Dans cette hypothèse, l'air qui est au-dessus du fluide oxigéné ne seroit pas homogène, mais mêlé d'hydrogène et de fluide électrique (1).

Peut-être aussi que, lorsque ces derniers fluides qui se forment sans cesse sont très-abondans, ils séjournent en trop grande quantité dans les couches inférieures et oxigénées de l'air, où ils occasionnent, par des combinaisons diverses, les troubles que nous y remarquons, tels que les pluies, les orages, etc. Si cela est, il serait peut-être possible de diminuer ou d'éloigner le fléau des orages par des établissemens peu dispendieux, propres à absorber l'excédant du gaz hydrogène et celui de l'électricité atmosphérique.

P. 26, l. 11, *après* dilatés, *ajoutez :* que la chaleur forme sans cesse d'un pôle à l'autre, et parce que l'atmosphère y est constamment moins comprimée, ne peut pas redescendre par le même chemin qu'il a suivi en s'élevant, etc. Arrivé aux confins de l'atmosphère, ce courant se divise en deux parts qui descendent vers les pôles de l'atmosphère, s'y rafraîchissent, s'y condensent, s'imprègnent de l'oxigène de ces régions, et de là retournent vers l'équateur terrestre en passant par le centre du fluide dilaté, formant ainsi des contre-courans polaires. Cet air des contre-courans ne pénètre point le fluide dilaté et en partie désoxigéné, mais il le remplace partout. Il est probable que ces contre-courans servent aussi de conducteurs au fluide électrique.

P. 27, l. 5, *après* terre, *supprimez tout le texte jusqu'au mot* tem-

---

(1) MM. Biot et Gay-Lussac (*Voyage aérostatique*) ont trouvé l'électricité de l'air croissante avec les hauteurs.

pérature *de la 17e lig., et lisez :* L'atmosphère terrestre, dans le principe, a dû être dans une position où elle était condensée au point d'être lumineuse. (V. l'addition qui la concerne dans la pag. 58.)

P. 28, l. 22, *après* écliptique, *ajoutez :* Cette hypothèse a de la vraisemblance, car l'impulsion peut être donnée à une distance du centre de gravité, telle que les mouvemens de translation et de rotation qui en sont la suite, concordent avec un roulement parfait de l'atmosphère.

P. 29, *après le premier paragraphe, ajoutez :* flottant ainsi sur son orbe, et soutenue par le mouvement et la densité de l'air.

Ibid., *supprimez le dernièr paragraphe du chapitre VI, et lisez :* La rapidité du mouvement de rotation des planètes fait supposer qu'elles sont animées par une force centrifuge très-intense, capable de diminuer leur température en permettant la dilatation de leur atmosphère respective.

Il est probable que la couleur bleue de la voûte céleste est due surtout au liquide sidéral qui forme cette voûte en entourant l'atmosphère, et qui, à en juger par la couleur des eaux de la mer et des lacs, paroît susceptible de réfléchir fortement les rayons bleus.

Ajoutons, comme preuve secondaire que cette voûte est formée par un liquide dense, bleuâtre et mobile; que les anciens et les modernes l'ont cru solide et immuable, qu'ils en ont fait un article de foi de notre religion, et que ce n'est que dans ces derniers temps où, pour expliquer les mouvemens des planètes autour du soleil, des savans ont imaginé *le vide universel* ou *l'éther*. Ce vide n'est donc aussi qu'une supposition nullement fondée.

Une circonstance qui est en faveur de l'hypothèse d'une voûte liquide et diaphane, c'est que, lorsque la lune se montre en plein jour près du zénith, et qu'on l'observe de dessus une montagne élevée, sous un ciel pur, elle nous paroît constamment au-dessous de la voûte azurée dont elle ne prend point la couleur, ce qui ne manqueroit pas

d'arriver si cette couleur étoit due à l'atmosphère seulement et si la lune étoit hors de cet atmosphère. D'ailleurs nous sommes presque assurés par là que l'air pur est invisible, que sa transparence est parfaite puisqu'elle nous permet non-seulement de distinguer la couleur cendrée de la lune, mais encore de voir les étoiles; qu'il est peut-être hors d'état, à cause de sa rareté ou de sa nature, de réfléchir la moindre molécule de lumière, et, par conséquent, de former seul et sans le concours de l'eau et de l'oxigène, l'azur céleste. Quant à la teinte de même couleur répandue sur les objets vus à l'horizon et dans le lointain, nous pensons qu'elle est occasionée, du moins en partie, par les vapeurs existant en grande quantité dans la région inférieure de l'atmosphère dont elles diminuent la transparence; et peut-être par une espèce de feu bleu ou phosphorique extrêmement léger, qui trouve son aliment dans les couches inférieures les plus denses du fluide oxigéné et que la lumière du soleil allume.

L'atmosphère environnée du liquide sidéral et roulant rapidement sur son orbe, éprouvant par là, surtout du côté de ses pôles, une vive pression et un frottement considérable, doit engendrer *une grande quantité de fluides électriques*, que le liquide sidéral, par sa pression uniforme sur ces pôles, fait pénétrer en partie dans l'atmosphère avec les courans aériens polaires qu'il dirige sans cesse vers l'équateur où la pression est diminuée par la force centrifuge dont ce liquide est animé, force qui est là plus directe qu'aux pôles.

Ainsi, *l'atmosphère seroit une vaste machine électrique continuellement en action, comme la pile voltaïque*. (V. les découvertes récentes de M. Œrsted de Copenhague, et les expériences de MM. Ampere et Arago, concernant l'identité du magnétisme et de l'électricité.)

Suivant Herschell, la vitesse de certains rayons calorifiques serait comparable à celle de la lumière: je suis porté, d'après cela, à regarder le fluide électrique comme du calorique dégagé des corps, soit par le simple contact de deux substances hétérogènes, soit par la pression, soit par le frottement, et combiné ou mélangé avec un

gaz ou avec une substance extraite des corps solides par le frottement.

La vitesse du mouvement de l'électricité atmosphérique et sa direction doivent faire soupçonner que cette espèce d'électricité est en partie le résultat de la pression immédiate et permanente du liquide sidéral sur les pôles de l'atmosphère, pression plus forte à ces pôles qu'à l'équateur où elle est diminuée par la force centrifuge dont ce liquide est animé.

Ib., *à la fin de la page, ajoutez :* Cette atmosphère doit être d'une transparence extrême, ainsi que le liquide sidéral qui l'environne.

Pag. 30, *à la fin du second paragraphe, ajoutez :* Selon nous, l'atmosphère du soleil étant sous le poids de tout le liquide renfermé dans le système solaire, et étant par là extrêmement condensée, son étendue doit être moindre à proportion que celle des atmosphères des planètes, attendu que ces dernières sont dilatées par la force centrifuge qui anime le courant divergent du liquide sidéral dans lequel elles se trouvent.

Pag. 31, l. 15, *après* système, *ajoutez :* à sa rotation.

Ibid., l. 17, *après* oxigène, *ajoutez :* et de fluides électriques.

P. 32, l. 12, *après* oxigène, *ajoutez :* et en hydrogène et donne lieu au développement de beaucoup de fluides électriques. En second lieu, la chaleur étant plus forte à l'équateur du soleil, il se forme dans l'atmosphère solaire comme dans l'atmosphère terrestre un courant divergent dont le fluide dilaté et privé de son oxigène par les combinaisons qu'il a subies, tend sans cesse à s'élever; et des contre-courans polaires qui, condensés et chargés d'oxigène et de fluides électriques, se portent par le centre du fluide désoxigéné du côté de la zone équatoriale du soleil pour remplacer partout le fluide dilaté et produire la lumière par leur densité et par la pression. D'un autre côté, cet astre et son atmosphère *ayant un grand mouvement de rotation, le frottement qui en résulte du côté des pôles atmosphériques, joint à l'excessive pression du liquide sidéral, doivent*

produire une immense quantité de fluides électriques, dont une partie attirée par les molécules aqueuses que le liquide sidéral dirige sans cesse vers le soleil, doit se porter avec une extrême rapidité du côté de l'équateur de cet astre *où elle se combine avec l'oxigène de l'air*. Tous ces fluides (*l'oxigène et le fluide électrique*) arrivant donc sans interruption et avec une grande abondance près de la surface du noyau solaire, et y étant fortement condensés, peuvent occasioner, etc.

Ibid., l. 25, *après* oxigène, *ajoutez:* et le fluide électrique qui s'y formoient.

Ibid., *après la ligne pénultième, lisez :* Dans le principe, lorsque la terre sous la forme de comète étoit dans l'un des contre-courans convergens du liquide sidéral, ce liquide comprimant fortement son atmosphère pouvoit par là rendre cette atmosphère lumineuse; mais elle dût cesser de l'être lorsque étant arrivée dans le courant divergent, la force centrifuge qui anime ce courant permit à l'atmosphère de se dilater.

P. 33, l. 2, *au lieu de ces mots*, ainsi que la grandeur, *lisez :* par la dilatation de son atmosphère.

Ibid., l. 13, *après* rotation, *ajoutez :* et celui de translation.

P. 34, l. 12, *après* soleil, *ajoutez :* et son mouvement de translation vers la constellation d'Hercule avec tout le système solaire.

Ibid., l. 16, *après* soleil, *ajoutez :* et si cette direction fait en même temps un angle aigu avec le plan de l'équateur de cet astre et avec son axe de rotation, ce qui est très-possible, vu les inégalités de la surface de cet astre et les inégalités bien plus importantes que l'on a remarquées dans sa lumière.

Ibid., *à la fin du second paragraphe, ajoutez :* et être poussé en même temps dans l'espace vers un point fixe.

Nous verrons bientôt que le *déplacement du soleil*, explique de la manière la plus naturelle pourquoi l'un des hémisphères de cet astre est plus lumineux que l'autre ; il indique aussi la cause de l'obliquité de l'écliptique et celle de l'inclinaison de l'axe terrestre.

Ibid., l. 4 *du troisième paragraphe, après* divergent, *ajoutez:* dans lequel se trouvent les planètes.

A la fin de la page, ajoutez: et de fluides électriques.

P. 35, *au lieu du premier paragraphe, lisez:* Il paroît que les effets de la répulsion solaire ne sont pas partout les mêmes, et que cette force a plus d'intensité d'un côté du courant divergent que de l'autre, puisque la terre est plus éloignée du soleil au solstice d'été qu'au solstice d'hiver (1). Cette conjecture me semble confirmée par une observation d'Herschell, qui lui a fait soupçonner qu'un hémisphère du soleil étoit plus lumineux que l'autre; si la chose est ainsi, il s'en suivroit que l'atmosphère solaire étant dilatée davantage du côté plus éclairé, la force centrifuge y auroit plus d'intensité et la partie correspondante du courant divergent plus de force. Il est donc probable que la terre est sous l'influence de l'hémisphère plus lumineux, et dans la partie du courant divergent qui a le plus de vigueur, lorsqu'elle se trouve dans les signes ascendans; et qu'elle est du côté le moins éclairé et où le courant est plus faible quand elle parcourt les signes descendans: de là l'ellipticité et l'inclinaison de son orbite, et même l'inclinaison de l'axe de la terre par rapport à l'écliptique.

P. 36, l. 3, *supprimez* sans couleur, et *lisez* bleuâtre.

Ibid., l. 10, *après* atmosphères, *lisez* en note: Cette pression exercée par un liquide animé d'une grande force centrifuge est plus foible que si ce liquide étoit en repos. Ainsi la pression qui a lieu sur les atmosphères des planètes est infiniment moindre, particulièrement à leur équateur, que celle qui s'exerce à la surface de l'atmosphère du soleil. De là on peut conclure 1°. que si le mouvement cessoit dans le système solaire, la pression sur notre atmosphère augmenteroit beaucoup; 2°. que la pression est très-forte sur les comètes et sur les nébu-

(1) Il est possible que l'atmosphère terrestre soit plus comprimée au solstice d'été par la tension du liquide sidéral que dans toute autre saison, ce qui pourroit accroître la chaleur.

losités qui commencent à devenir sphériques et lumineuses et dont le noyau se forme.

P. 37, l. 2, *après* cavité, *ajoutez* (cavité sidérale).

Ibid., *après le second paragraphe, ajoutez :* La densité du liquide sidéral me paroît encore prouvée par la pression de ce liquide sur l'atmosphère, cause probable de la pesanteur; par les oscillations diurnes de l'atmosphère, principalement sensibles à l'équateur; par la voûte azurée et réfléchissante du ciel; par la lumière zodiacale; par la lumière argentine des étoiles (1); par les courans polaires, magnétiques et autres, attendu qu'il doit peser davantage sur les pôles de l'atmosphère que sur les zônes voisines de l'équateur; ce qui est prouvé d'ailleurs par l'accroissement de la pesanteur en allant de l'équateur aux pôles.

Une découverte curieuse et fort intéressante à faire, seroit celle des limites extérieures de l'atmosphère solaire; car la voûte liquide qui, selon nous, entoure cette atmosphère, étant susceptible de réfléchir les rayons lumineux, doit être assez brillante pour être aperçue, si toutefois la splendeur du soleil n'est pas pour ces recherches un obstacle insurmontable. Dans tous les cas, je pense qu'on devroit découvrir ces limites le soir, à quelque distance du noyau solaire.

P. 38, l. 3, *après* pesanteur, *ajoutez :* L'expérience prouve que *les effets* de la pression exercée à la surface de l'atmosphère, semblables à ceux de l'électricité, se font sentir à travers le verre jusque dans le vide produit par la machine pneumatique.

Ibid., l. 6, *après* atmosphérique, *ajoutez :* des fluides électriques.

---

(1) Peut-être est-ce l'immense épaisseur de glace que la lumière des étoiles doit traverser, qui fait que ces astres ne nous paroissent que des points lumineux d'une couleur particulière auxquels on ne trouve point de parallaxe; car il est probable qu'une grande partie de la lumière de ces astres, surtout les rayons fortement colorés, tels que les rayons bleus, verts, rouges, jaunes, etc., ne parviennent point jusqu'à nous, étant réfléchis par les glaces et par l'eau sidérale.

Ibid., *à la fin de la page, ajoutez :* d'où elle imprime le mouvement à tout ce que renferme ce système. La pression exercée sur les atmosphères des planètes est encore proportionnelle à l'intensité de la force centrifuge qui anime le liquide sidéral.

P. 40, l. 8, *après* lieues, *ajoutez :* Je pense que ce courant n'atteint pas les limites extrêmes de la grande cavité sidérale, et que, de ce côté, le vide existant est occupé par de l'air dégagé des glaces pendant leur fusion, air qui devenant trop abondant peut par la suite donner naissance aux comètes.

Ibid., l. 9, *après* divergent, *ajoutez :* dans lequel se trouvent les planètes.

Ibid., l. 11, *après* reviennent, *lisez :* par leur tendance à l'équilibre et en vertu de la seule force centrale.

Ibid., *après* extrême, *lisez :* et sans cesse croissante.

Ibid., *après le second paragraphe, ajoutez :* Je n'entends pas dire cependant que les contre-courans viennent en entier aux pôles de l'atmosphère solaire pour rentrer dans le courant divergent ; on conçoit d'après ce qui se passe sur la terre que du moment de leur formation ils ne doivent pas cesser d'alimenter ce dernier courant sur tous les points où ils le touchent.

Voilà donc dans le liquide sidéral une circulation analogue à celle que la chaleur équatoriale fait naître dans les atmosphères.

P. 41, *après le premier paragraphe, ajoutez : Les planètes pouvant avoir une tendance à sortir du courant divergent sont arrêtées par les contre-courans : de là le balancement de ces astres dans ce courant divergent.*

Le courant convergent situé du côté où il paroît que le soleil se transporte, recevant par la fusion continuelle des glaces un supplément d'eau, doit être bien plus considérable que le courant convergent opposé : or, le premier portant dans le courant divergent une plus grande masse de liquide, augmente par là de son côté la force

de ce dernier courant et la pression exercée sur l'atmosphère du soleil; de plus, par l'intermédiaire des courans polaires aériens, il envoie à l'hémisphère solaire correspondant une plus grande quantité de fluides électriques et autres, propres à augmenter l'éclat de cet hémisphère et à rendre possible par là le déplacement de l'astre lumineux. Ainsi, de l'inégalité dans les deux contre-courans résulte une différence dans la lumière des deux hémisphères solaires et dans la force des parties correspondantes du courant divergent; et cette dernière inégalité est encore la cause de l'ellipticité des orbes planétaires, du parallélisme de l'axe terrestre et de l'inclinaison de l'écliptique, non-seulement sur l'équateur terrestre, mais encore sur celui du soleil.

Voici comment je conçois la chose (1). Le courant divergent, dans la partie située du côté le plus lumineux du soleil, recevant de la fusion continuelle des glaces une augmentation de liquide et étant en même temps gonflé par la chaleur, se trouve par là avoir beaucoup plus de vigueur que dans la partie opposée où le liquide est moins tendu et a moins de rapidité : en conséquence, l'atmosphère qui est à son *maximum* d'éloignement de l'astre du jour lorsqu'elle est parvenue dans la partie dilatée du courant, en est aussitôt repoussée par l'influence du contre-courant correspondant qui est le plus fort des deux contre-courans, et renvoyée avec une vitesse progressivement croissante dans la partie plus foible du courant divergent où elle se trouve rapprochée du soleil; et, en même temps, dans la sphère d'activité du second contre-courant, sous l'influence duquel elle remonte à son point de départ, ainsi de suite. On voit par là, 1°. que l'atmosphère étant mue continuellement avec plus de vigueur d'un côté que de l'autre, son axe de rotation doit être constamment incliné de la même manière sur le plan de

(1) Il est bon de se rappeler que ce n'est pas la terre, mais l'atmosphère qui reçoit immédiatement l'impulsion du liquide sidéral.

son orbite; 2°. que la cause de la force et de la dilatation du courant divergent, du côté correspondant à l'hémisphère plus éclairé du soleil existant toujours au même degré, l'équilibre ne peut jamais s'établir entre les diverses parties de ce courant.

Dans un fluide incompressible limité le mouvement continuel de rotation d'un corps sphérique doit se communiquer sans s'affaiblir à toutes les parties de ce fluide. Mais dans le système solaire, *la pression diminuant proportionnellement à la distance de l'astre moteur, je pense que le liquide sidéral qui devient par là de plus en plus libre, prend en s'éloignant un mouvement accéléré propre à diminuer la pesanteur.*

C'est ainsi que sur la terre la diminution de pression fait qu'une bulle d'air s'élève du fond des eaux avec une vitesse sans cesse croissante et que les eaux d'un courant se meuvent avec plus de célérité à la surface qu'au fond. Cette circonstance explique très-bien, comme on le verra dans le chapitre suivant, *pourquoi le mouvement de rotation des planètes a lieu dans le même sens que celui du soleil;* elle explique aussi pourquoi *les planètes les plus éloignées de l'astre du jour étant spécifiquement plus légères et ayant une moindre tendance vers le soleil, tournent sur elles-mêmes avec plus de vitesse que les plus voisines chez lesquelles cette tendance est plus forte.*

Il peut se faire aussi que la résultante des impulsions du liquide sidéral n'atteigne les planètes supérieures que fort au-dessus du centre de gravité, ce qui seroit propre à augmenter la vitesse de leur mouvement de rotation et à diminuer celui de translation.

P. 42, l. 1, *après* glace, *lisez:* à la réflexion immédiate d'une partie de la lumière solaire contre la voûte liquide environnant l'atmosphère de l'astre resplendissant, *et surtout à la propagation du fluide lumineux à travers le liquide sidéral.*

Ibid., l. 7, *après* éloignées, *ajoutez:* D'après un nouvel examen

de tout ce qui a été écrit sur la lumière zodiacale je reste persuadé que cette clarté n'est autre chose que la lumière solaire réfléchie par la voûte céleste qui environne l'atmosphère terrestre à une grande distance du globe (telle que cette lumière jaune qui entouroit l'atmosphère de la comète de 1811), et que c'est cette voûte qui lui donne sa forme en fuseau.

Ibid., l. 12, *après* je crois que, *ajoutez :* Beaucoup d'air et même quelques nébulosités se dégagent des glaces qui se fondent sans cesse par ce mouvement de translation du soleil; que cet air réuni en grande masse doit être à son tour entouré par les eaux et donner ainsi naissance à des comètes.

Ibid., *après le troisième paragraphe, lisez:*

Les causes suivantes font peut-être que les comètes ne sont bien visibles qu'en approchant du soleil.

Nous avons déjà dit que l'eau des contre-courans du liquide sidéral est mue principalement par sa tendance à l'équilibre ou par la *force centrale* dont l'intensité augmente progressivement. Ainsi lorsqu'une comète est encore dans l'un des contre-courans, la compression sans cesse croissante exercée sur son atmosphère est peut-être seule capable de rendre lumineuse cette atmosphère; mais lorsque la comète est entrée dans le courant divergent après son passage au périhélie, le liquide qui environne alors son atmosphère étant animé par une grande force centrifuge, et par là pesant moins sur elle, lui permet de se dilater et de cesser ainsi d'être lumineuse.

Ibid., l. 17, *après* solaire, *lisez :* avec une rapidité sans cesse croissante.

Ibid., l. 20, *après* vitesse, *lisez :* accélérée et.

Pag. 43, *à la fin du dernier paragraphe, ajoutez :* Cette circonstance est probablement la cause des oscillations diurnes de l'atmosphère.

P. 44, l. 3, *après* s'éloigne, *ajoutez :* d'un mouvement accéléré.

P. 45, l. 3, *après* système, *ajoutez :* et de la cause du mouvement et de la chaleur.

Ibid., l. 10, *après* liberté, *lisez :* et de vitesse.

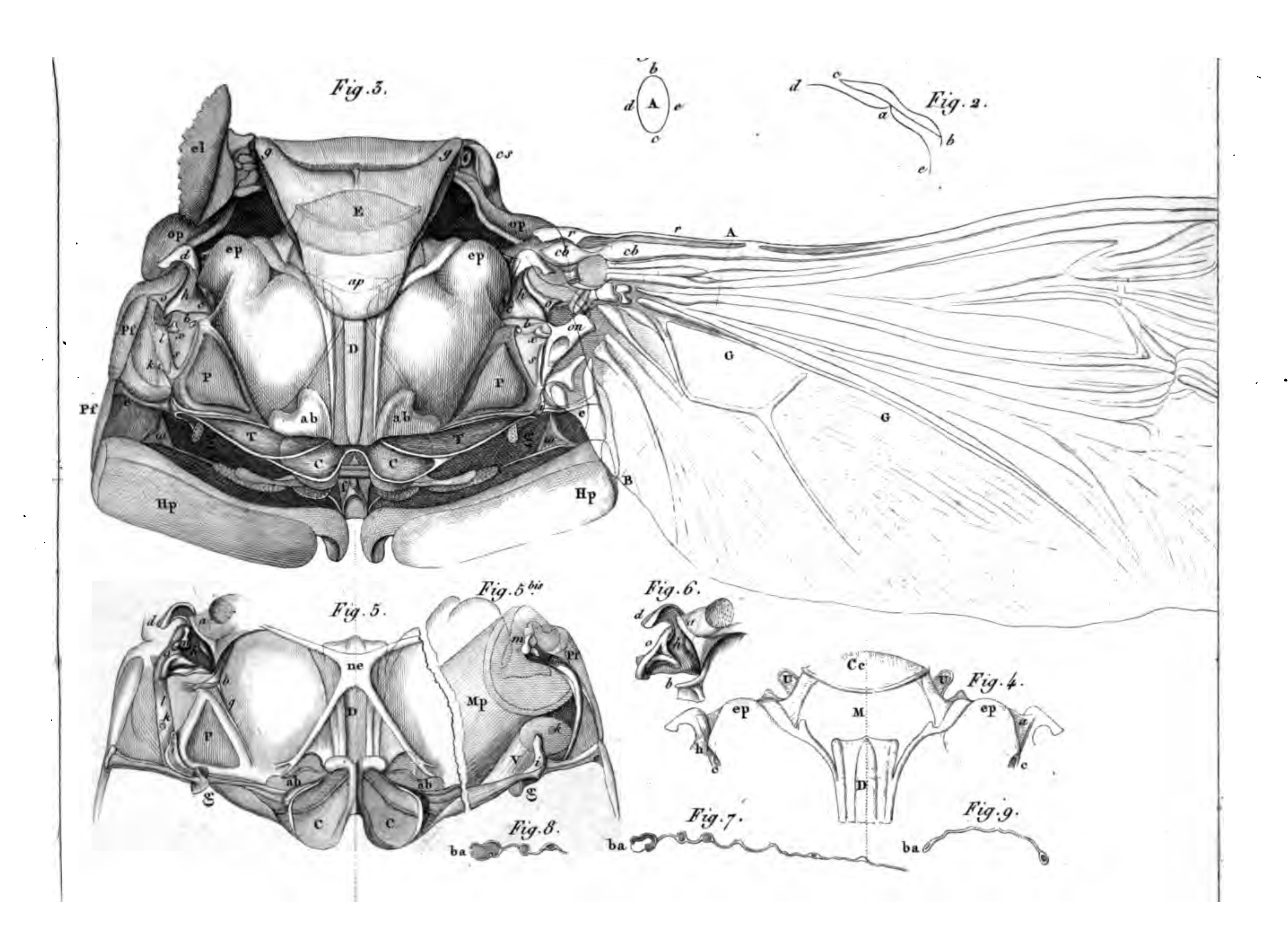
Ibid., *ajoutez à la fin du premier paragraphe :* On sent que les mouvemens de transport et de rotation de la planète seront plus ou moins rapides selon que l'impulsion aura lieu loin ou près du centre de gravité. Si l'impulsion a lieu assez près de ce centre, la vitesse de translation augmentera et celle de rotation en sera diminuée ; il arrivera tout le contraire si l'impulsion est donnée loin du centre de gravité. Or, le liquide sidéral se mouvant plus librement à mesure qu'il s'éloigne du soleil et que la pression diminue, il est certain que la résultante de ses efforts contre les planètes supérieures doit atteindre ces astres à une distance considérable au-dessus de leur centre de gravité.

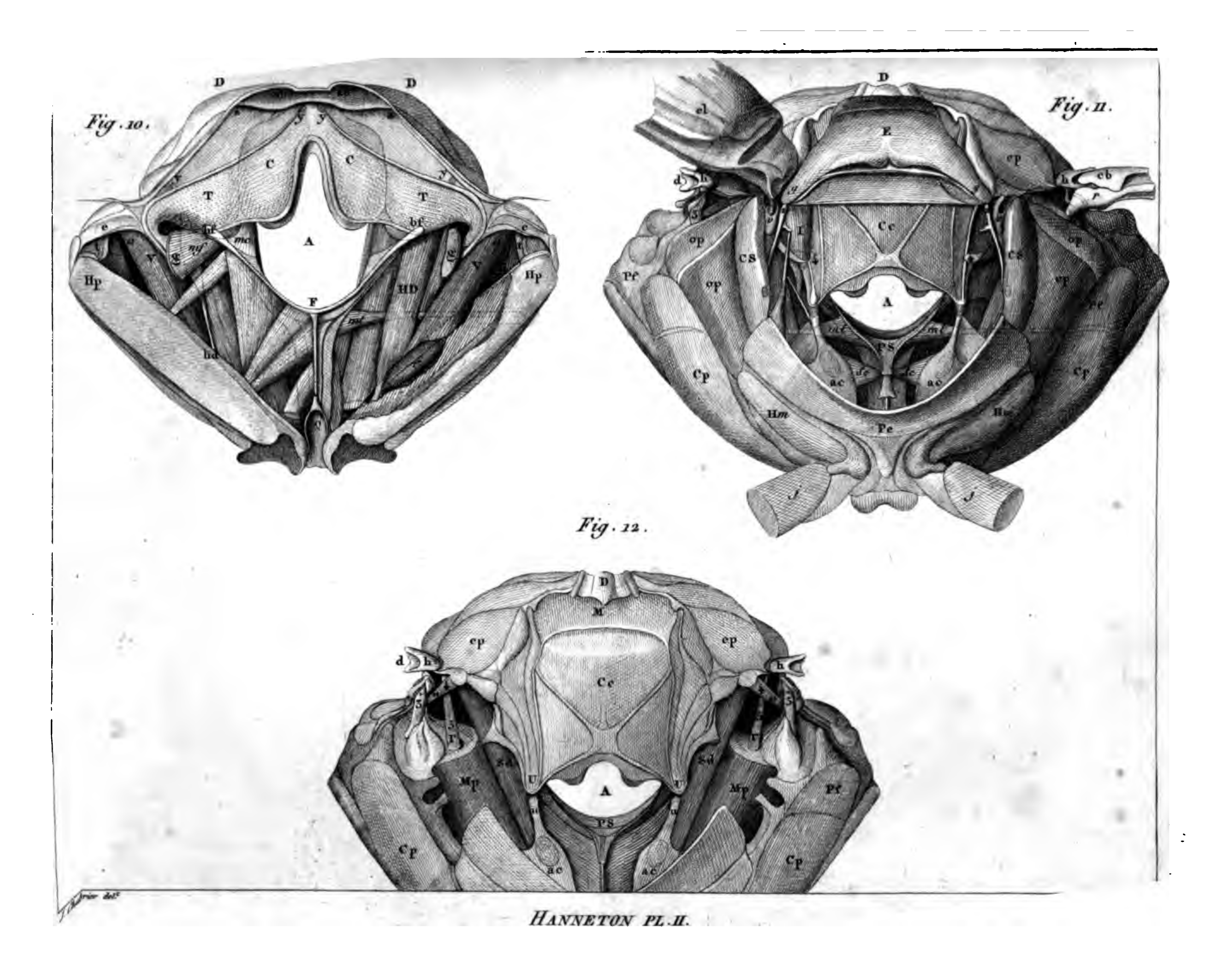
P. 47, l. 8, *après* attraction terrestre, *ajoutez*, ou plutôt les effets de la pression sidérale.

P. 48, l. 8, *après* l'ascension, *ajoutez :* de la portion sublunaire correspondante.

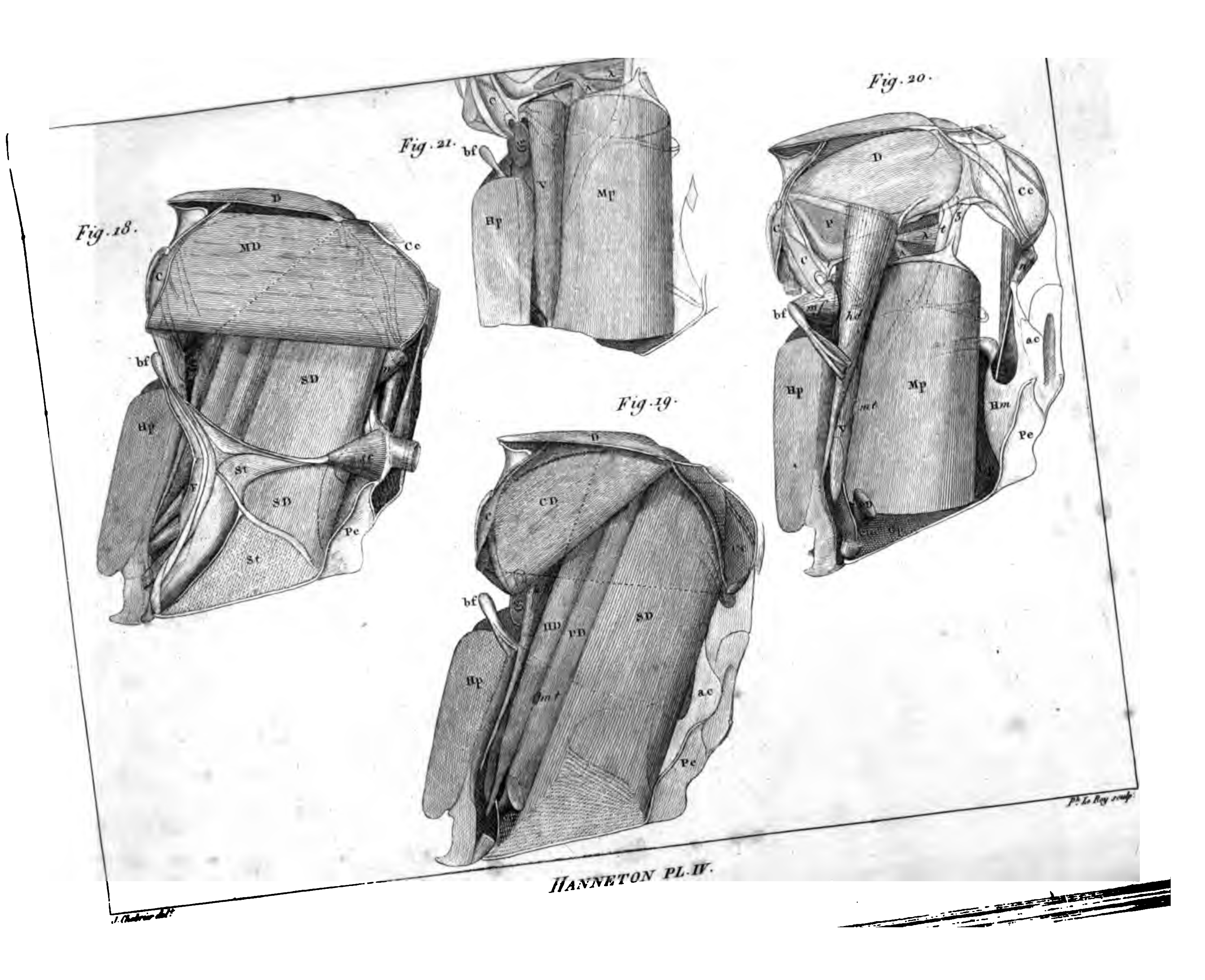
Ibid., l. 9, *après* mers, *lisez :* après les avoir refoulées, produisant par là les marées.

FIN DES ADDITIONS ET CORRECTIONS.

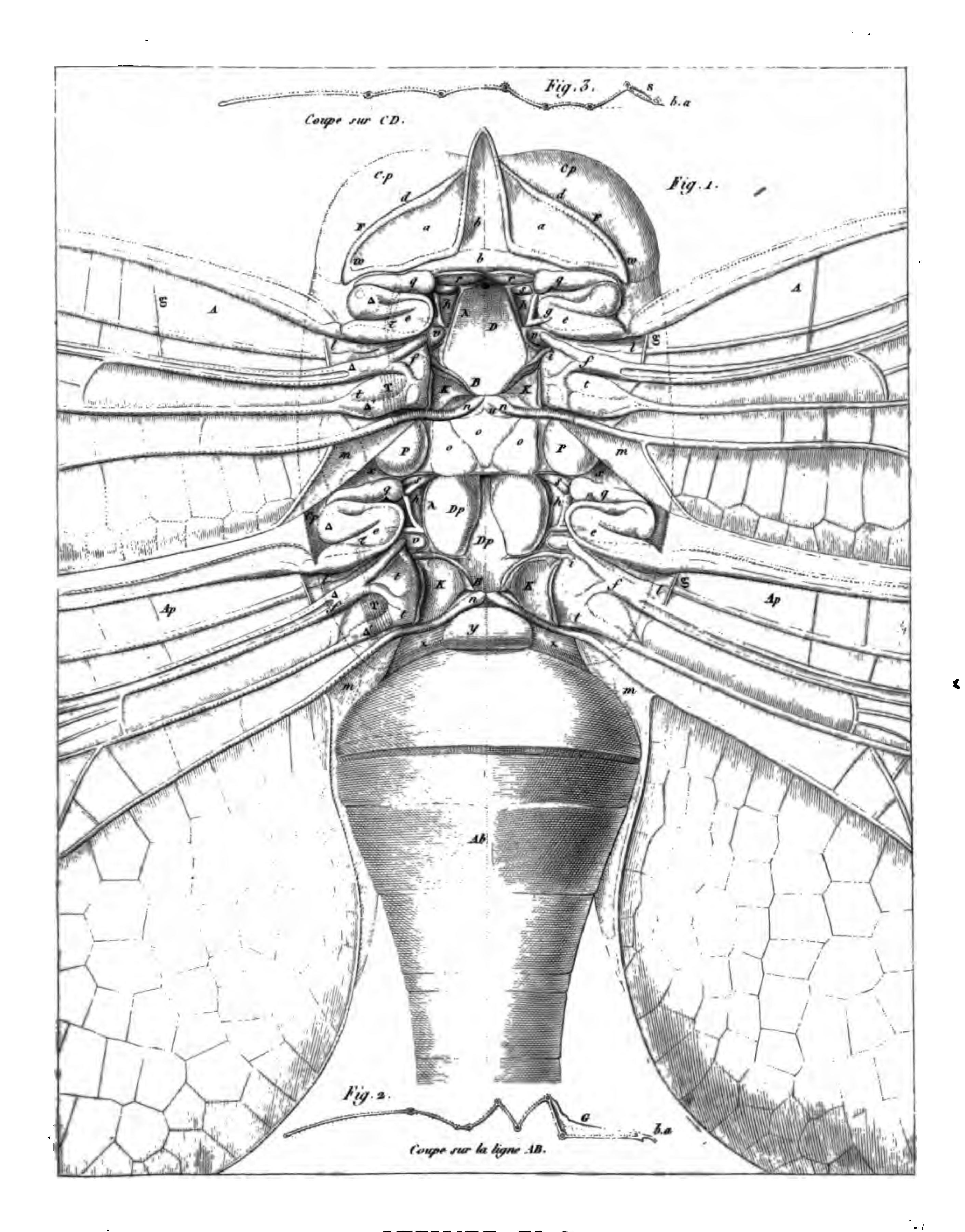

Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 5.
Fig. 5 bis.
Fig. 6.
Fig. 4.
Fig. 8.
Fig. 7.
Fig. 9.



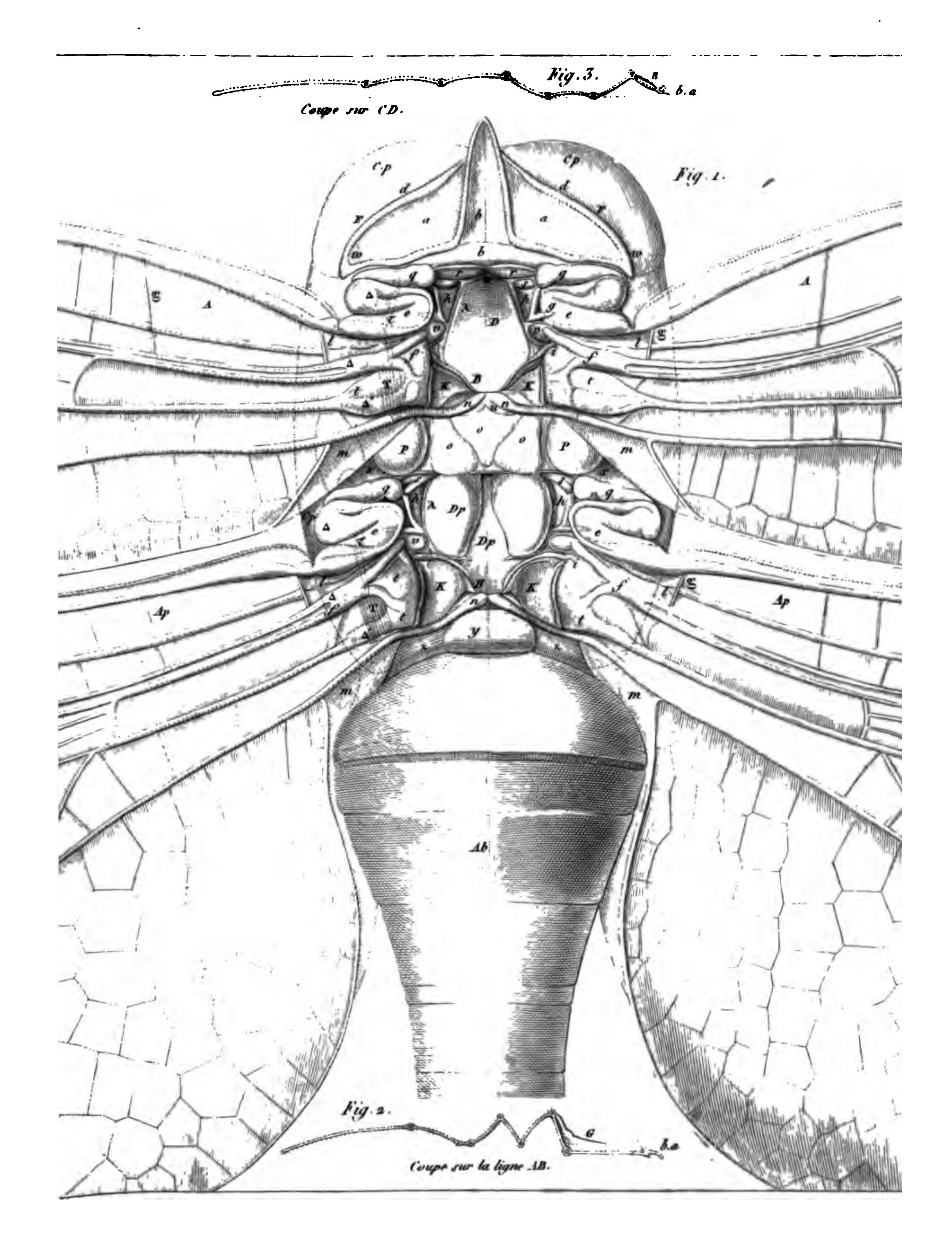
HANNETON PL. II.



HANNETON PL. IV.



LIBELLULE. PL. V.



LIBELLULE . PL . V .

Fig. 4.

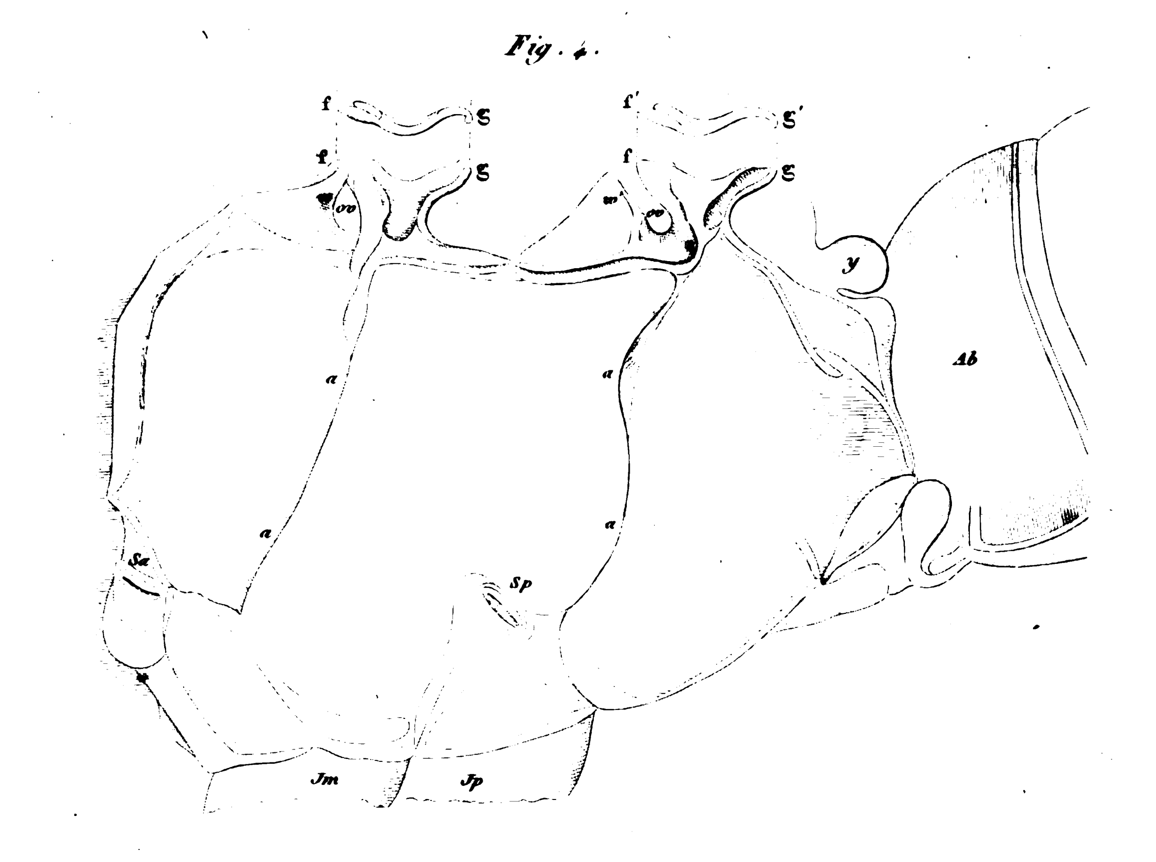


Fig. 5.

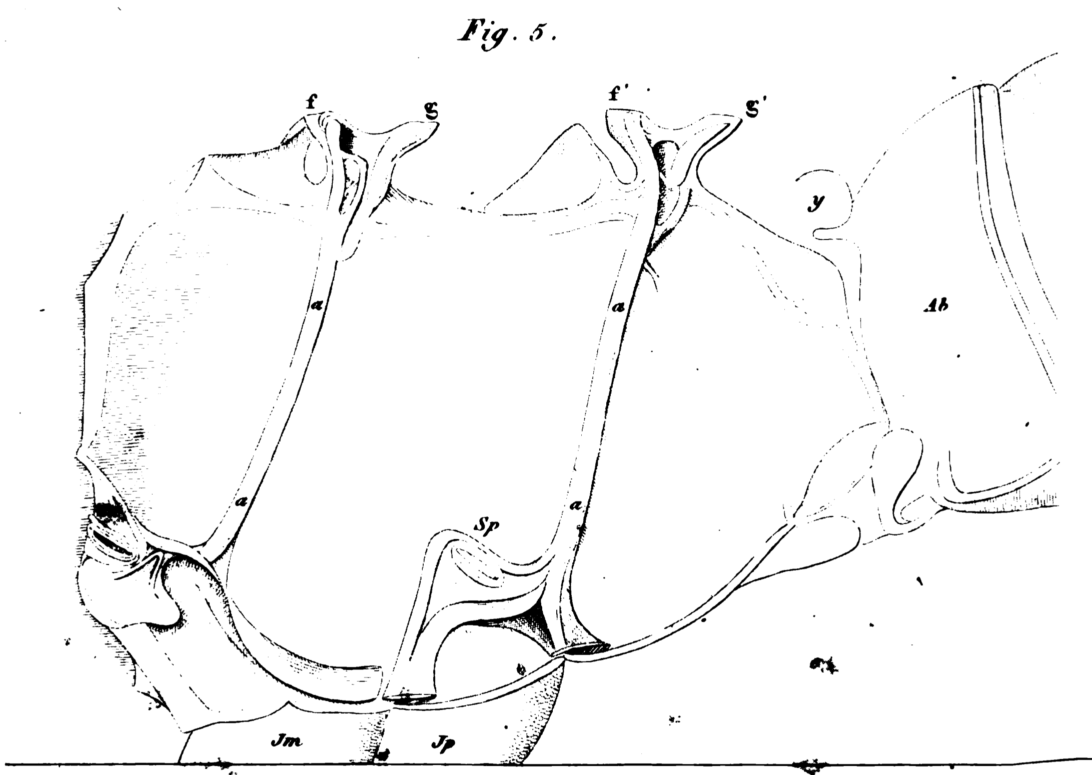


Fig. 6.

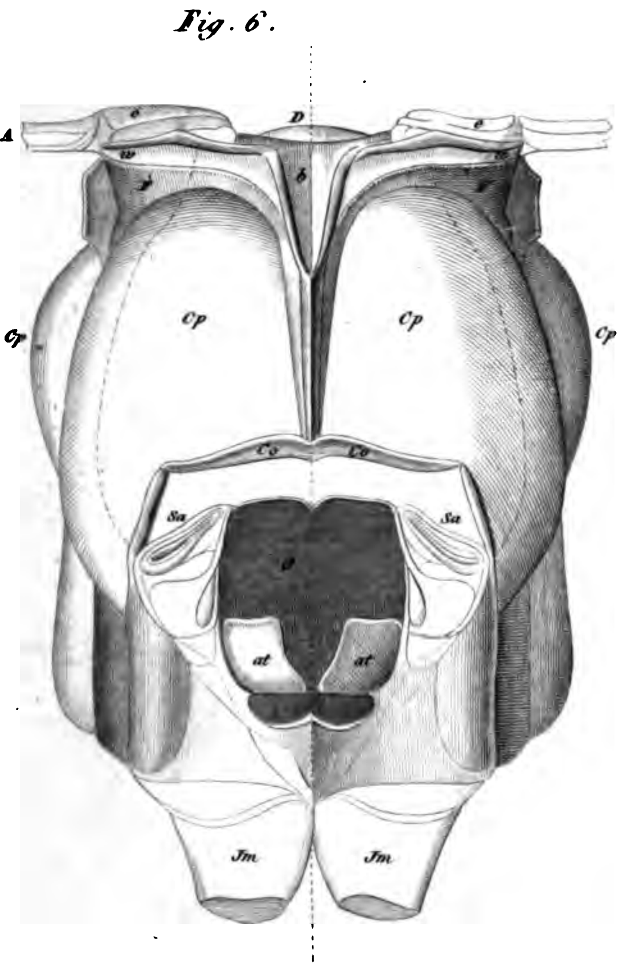
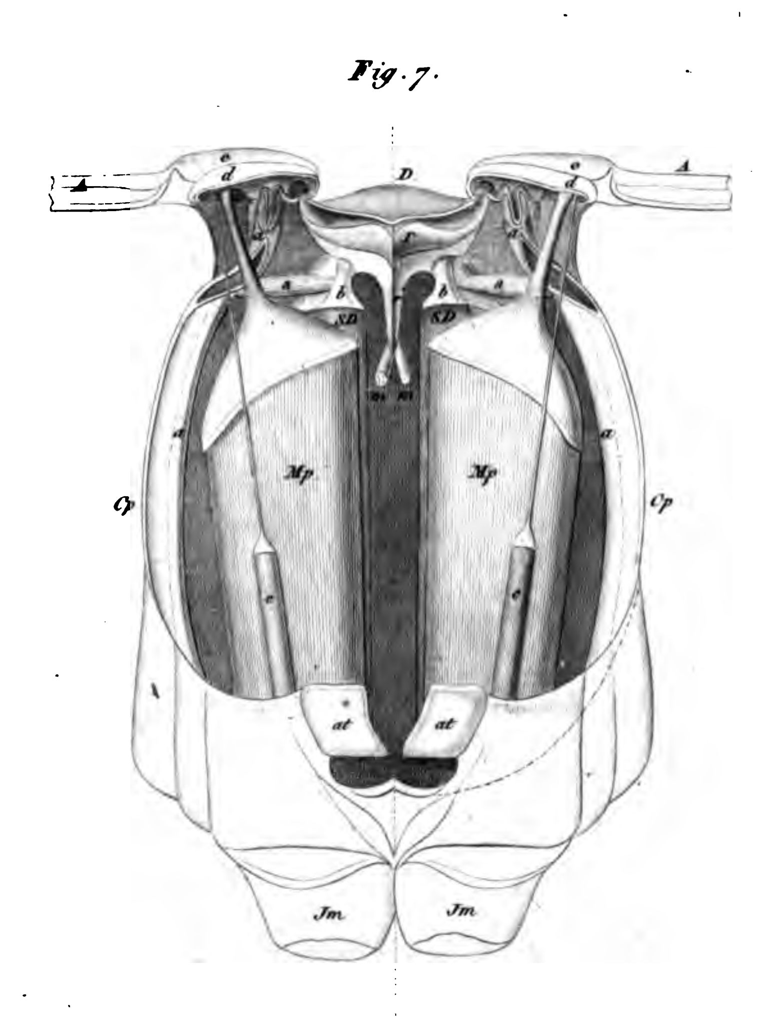

A
e
e
D
w
w
b
Cp
Cp
Cp
Cp
Co
Co
Sa
Sa
o
at
at
Jm
Jm

Fig. 7.


A
A
e
e
d
d
D
a
a
b
b
SD
SD
Mp
Mp
Cp
Cp
a
a
c
c
at
at
Jm
Jm

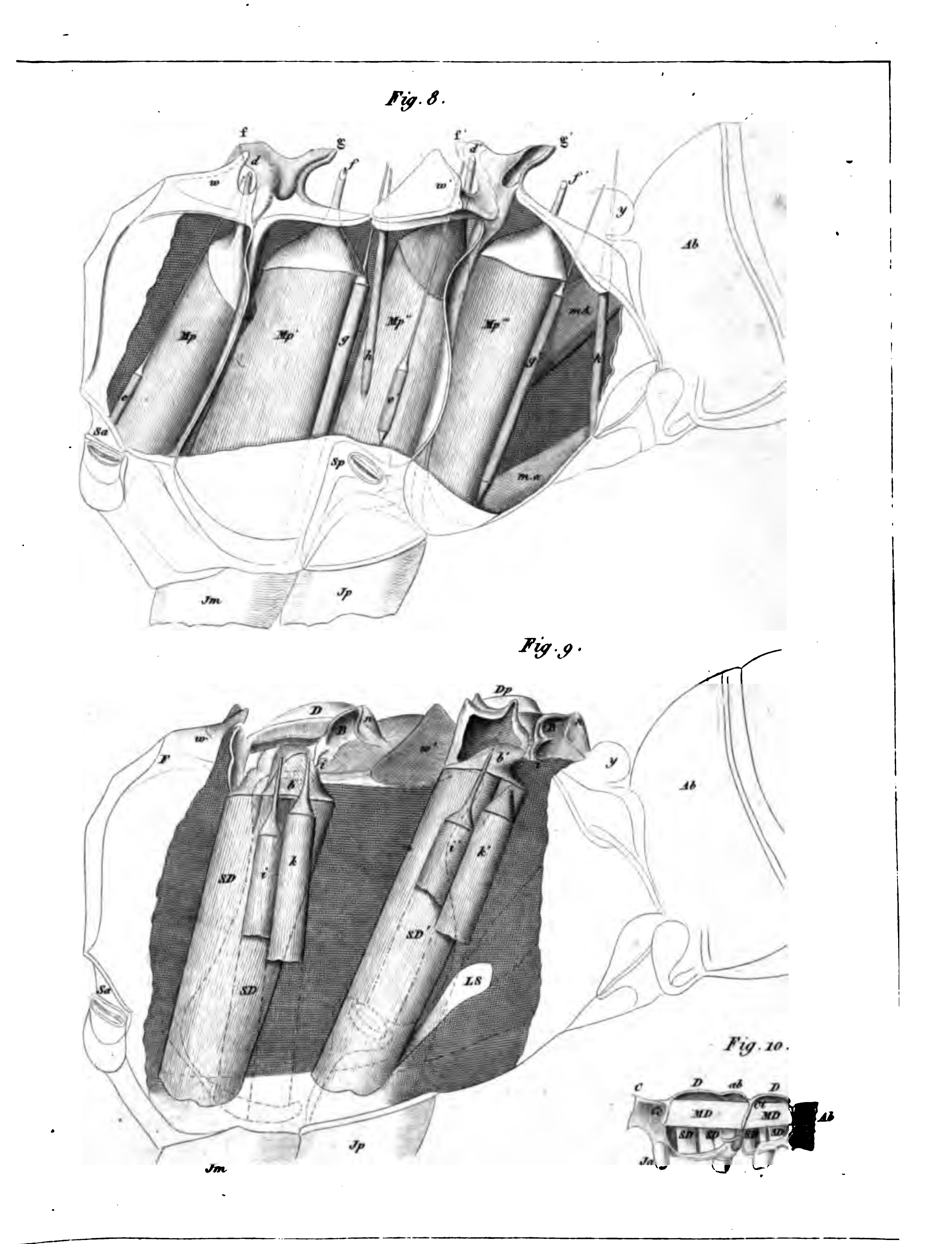


Fig. 8.
f
g
f'
g'
w
d
w'
y
Ab
Mp
Mp'
Mp''
Mp'''
m.k
Sa
Sp
m.a
Jm
Jp
Fig. 9.
Dp
D
F
w'
y
Ab
SD
SD'
LS
Sa
Jp
Jm
Fig. 10.
MD
Ab

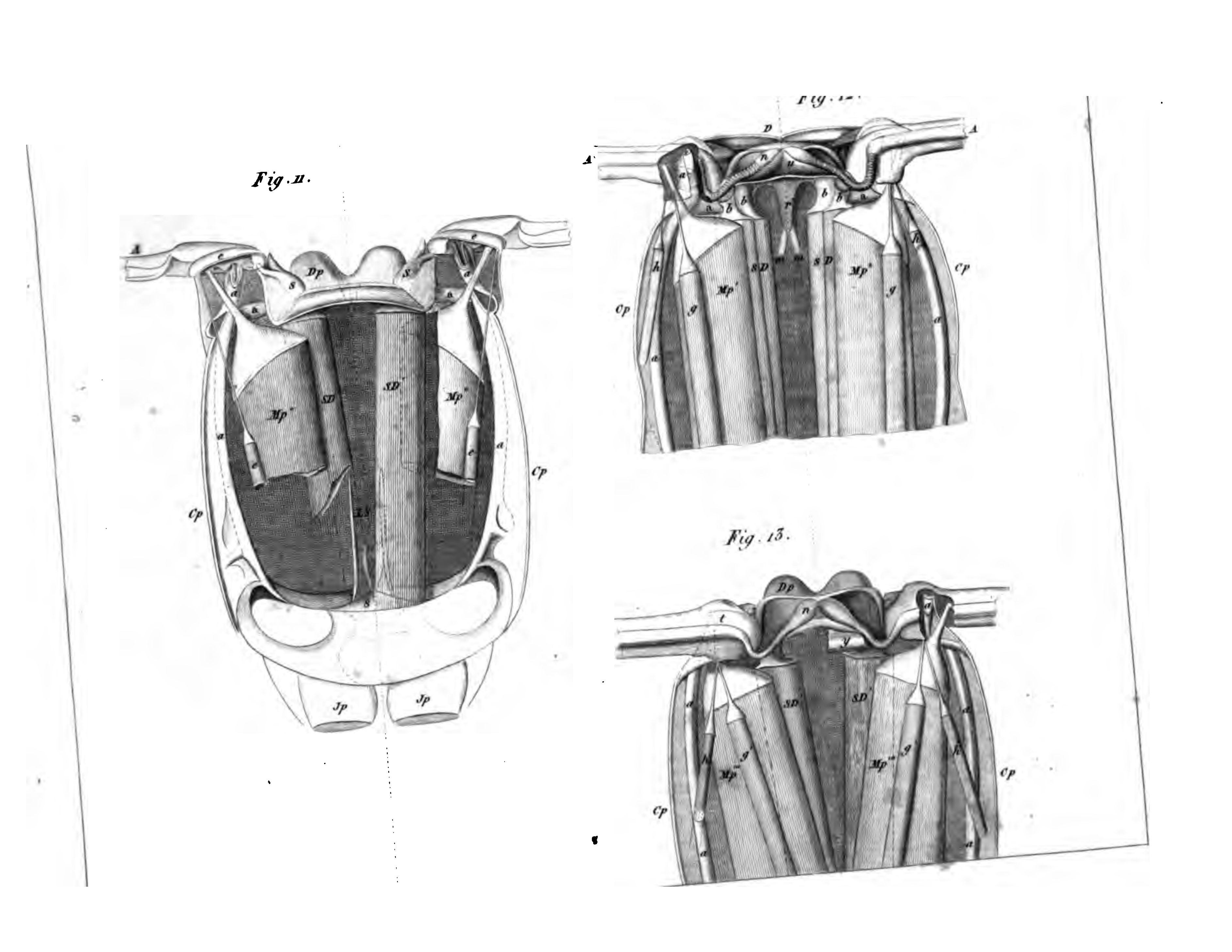
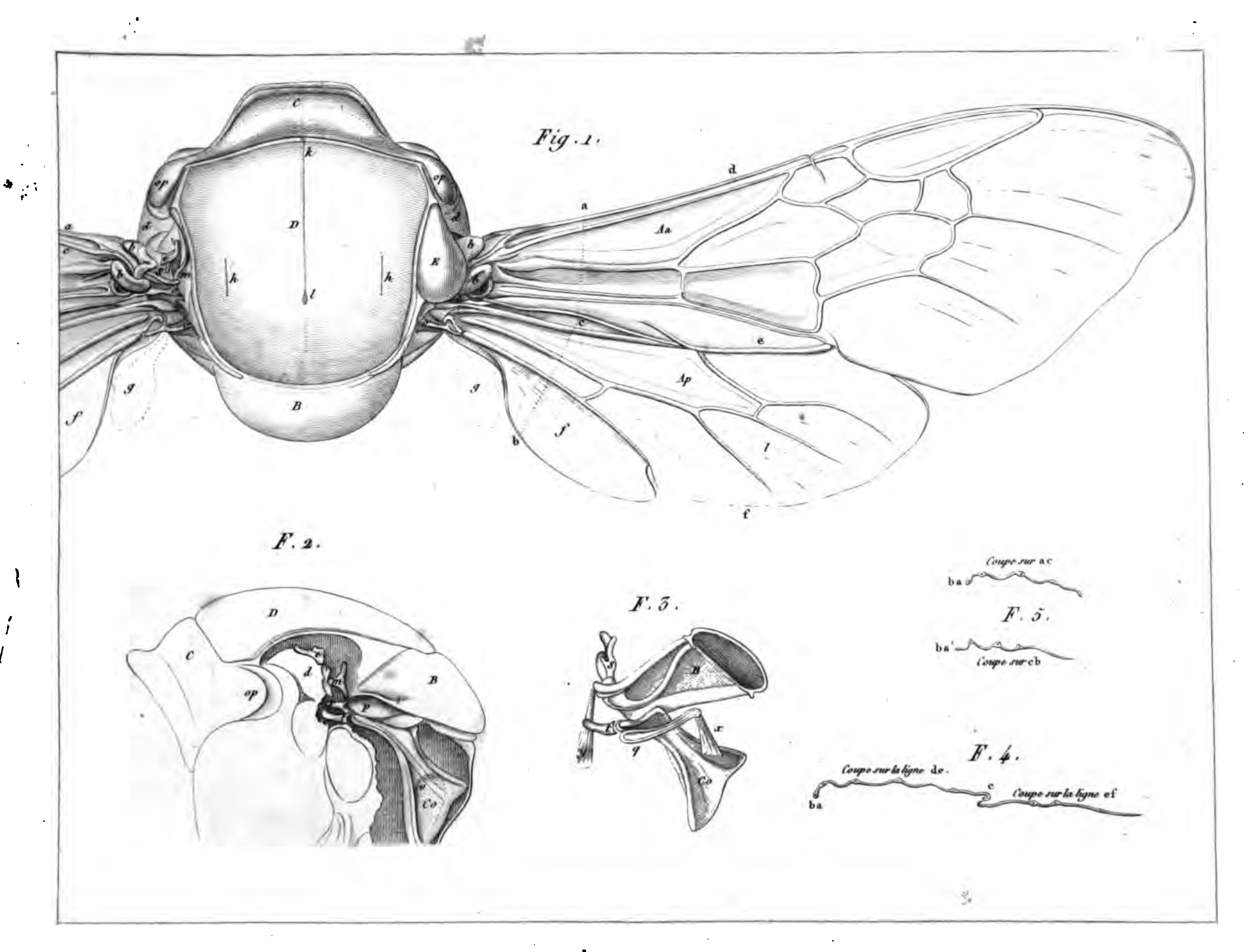
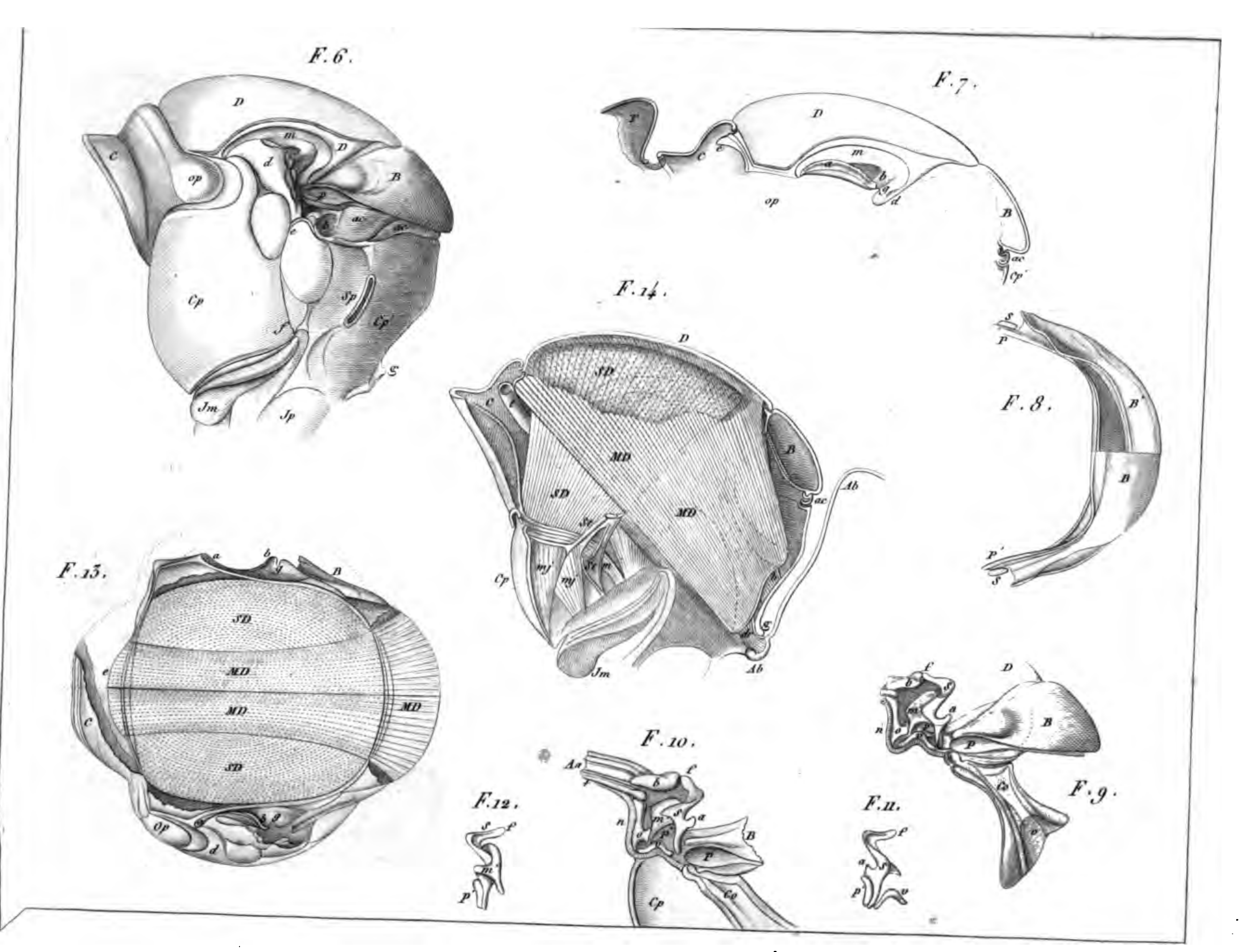


Fig. 11.

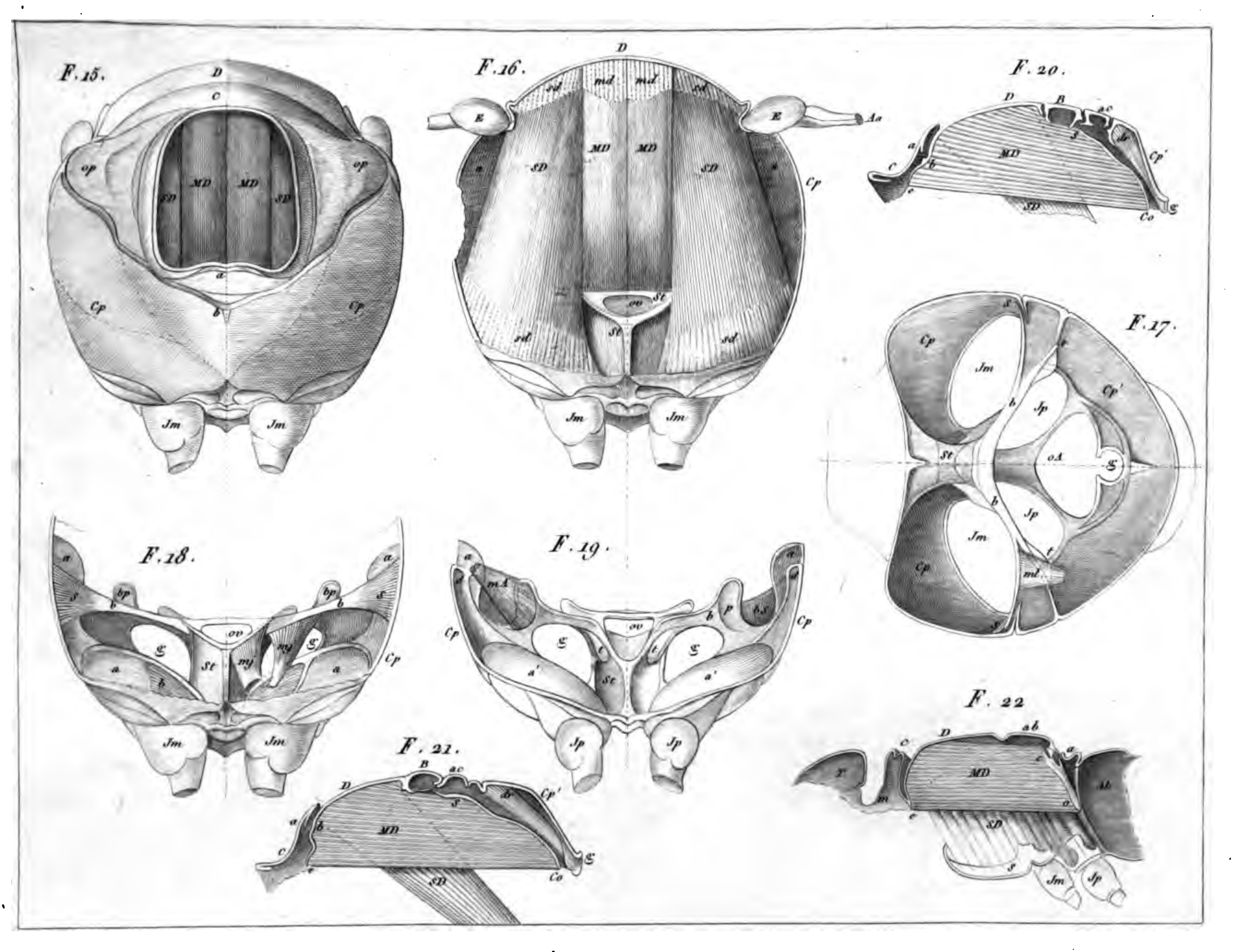
Fig. 12.

Fig. 13.

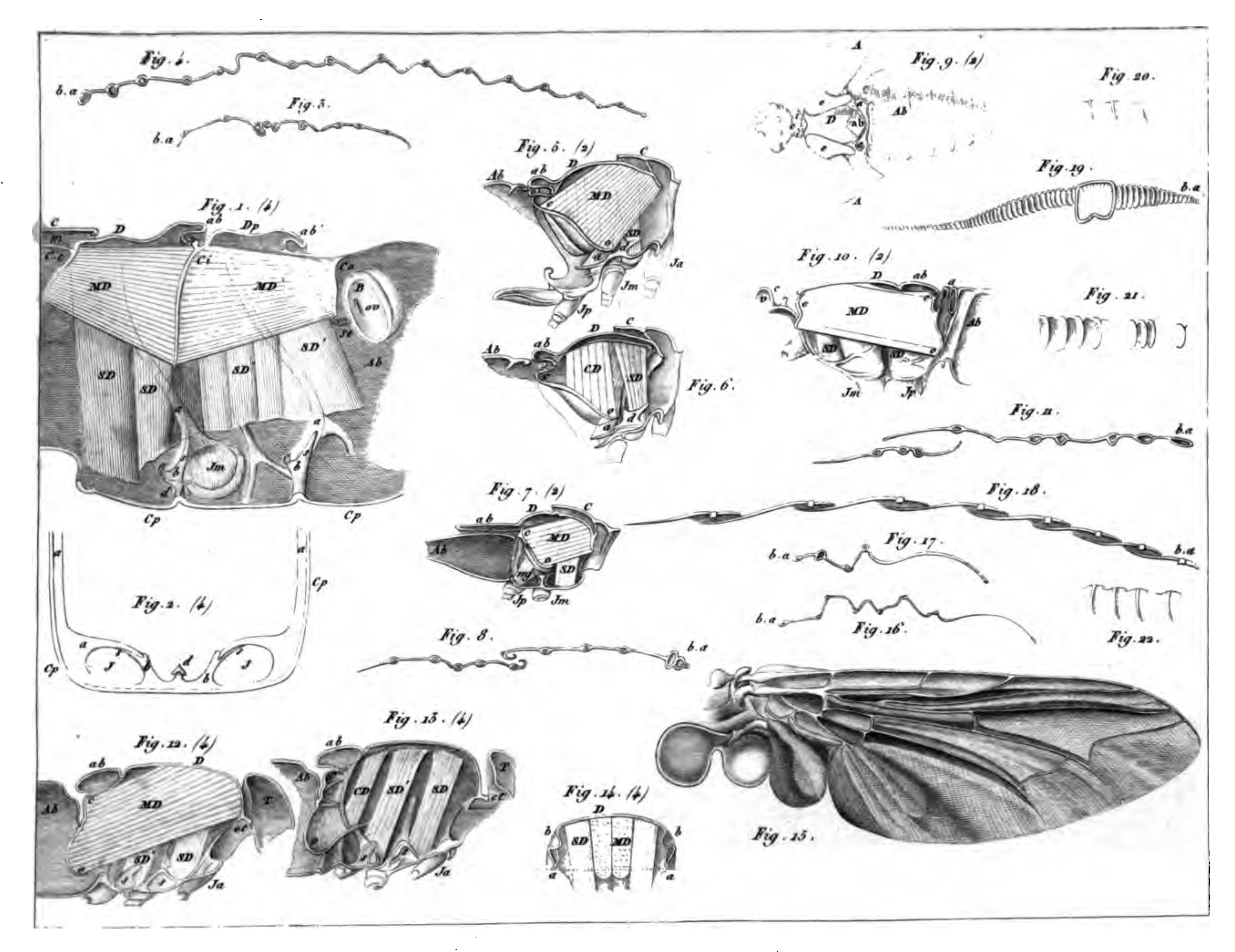

Fig. 1.
F. 2.
F. 3.
F. 4.
Coupe sur la ligne de.
Coupe sur la ligne ef
F. 5.
Coupe sur ac
Coupe sur cb



TRONC ALIFÈRE DU BOURDON. PL. XI.



TRONC ALIFÈRE DU BOURDON. PL. XII.



TRONC ALITERE DE PLUSIEURS INSECTES. PL. XIII.

Figures pour le Mémoire intitulé :

Observations sur quelques parties de la Mécanique de l'homme et des animaux vertébrés,

Par J. CHABRIER.

